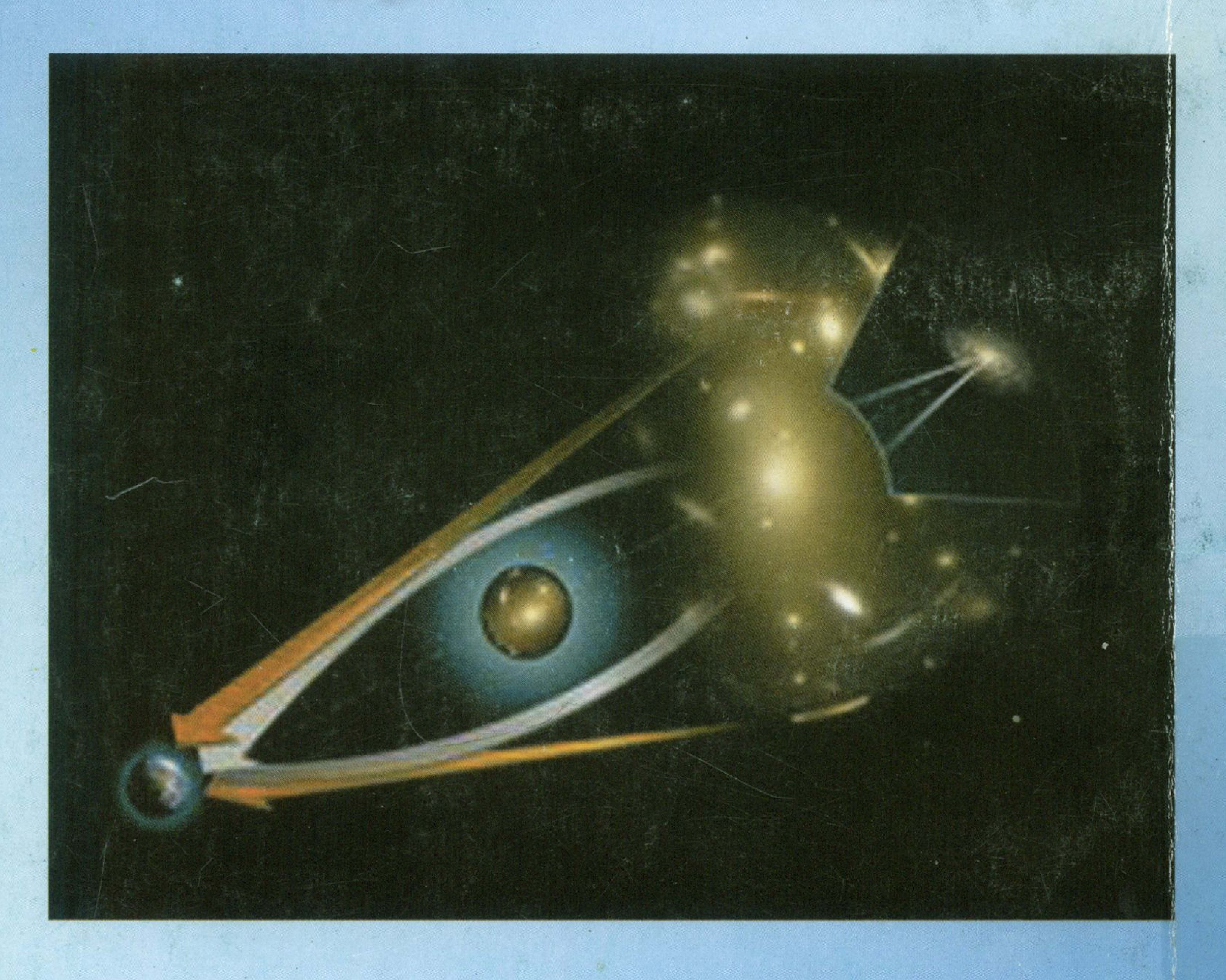
أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا
المعهد القومي
للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية
تبسط العلوم

نحو نظرة حديثة على الكون من خلال العدسة التثاقلية



الأستاذ الدكتور
رشدي عازر غبرس

الدكتور
عبد الفادي بشارة مرقس

إهـــــــداء ٢٠٠٩

الدكتور /عبد الفادى بشارة مرقس
- رشدى عازر غبرس
جمهورية مصر العربية

أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا
المعهد القومي
للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية
تبسط العلوم

نحو نظرة حديثة على الكون من خلال العدسة التثاقلية

الأستاذ الدكتور
رشدي عازر غبرس

الدكتور
عبد الفادي بشارة مرقس

مقدمـــــــــة

علم الكـــــون

هو دراسة أصل الكون وتطوره بشكل عام.

في أيامنا هذه من النادر أن يمر يوما دون أن تذكر الصحف والمجـــلات وباقي وسائل النشر والإعلام خبراً بإكتشاف. أو إعطاء معلومة حديثة عن الكون، وخصوصاً بعد التطور التقني الحديث.مما يجذب إنتبـــاه العامـــة والخاصة ويزيد من رغبتهم في تفهم من أين أتى هذا الكون ؟.. وما هي ماهية هذا الكون ؟ ولماذا نحن فيه ؟. !!....

وفي جميع الأحوال فإن محاولة فك طلاسم طبيعة الكون كانت ومـــا زالت وسوف تستمر هي الشغل الشاغل للبشرية والهدف الطموح منذ فجر الحضارة.

كانت الحضارة المصرية القديمة هي باكورة الحضـــارات البشـــرية وكانت النبع الأول لما وصل إليه الإنسان على الأرض من تقدم وحضارة خلال العصور التالية، وكان ذلك من خلال دراسات متتالية لما هو منقوش على حوائط الآثار القديمة من المقابر والمعابد والأهرامات الموجودة حتى الآن. وكان الكون بالنسبة للمصري القديم هو كل ما يراه ويشاهده بعينيه المجردة في السماء من أجرام مثل الشمس والقمر وبعض الكواكب اللامعة (خمسة فقط كانت معروفة لهم)، وكذا النجوم اللامعة المـــتلألأة الثابتـــة. وكانوا يعتبرون الأرض هي مركز الكون. ومن الآراء والمعلومات التـــي تراكمت على مر العصور تمركزت في آخر الأمر في عصـــر مدرســـة

الإسكندرية القديمة وخصوصاً ما جاء في مرجع " الماجسيتي" لبطليموس ومن بعده من حقائق عن الكون التي إستمرت حتى القرن السادس عشر الميلادي عندما تغيرت بأفكار كوبر نيكوس وذلك بأن الشمس هي مركز الكون بدلاً من الأرض. وبعد ذلك توصل الإنسان إلى معرفة تحركات الكواكب ووضع بعض القواعد التي تتحكم في قوانين الحركة والجاذبية ولو أن تلك المعلومات ما هى إلا معلومات طفيفة بالنسبة لإتساع الكون كما نعرفه نحن الآن.

لقد كانت الطبيعة الكونية عطوفة علينا حيث أنها سمحت ببعض المنافذ التي تمكننا من الوصول إلى صورة كبيرة لهذا الكون الهائل الذي نعيش فيه.

فمنذ حوالي أربعة قرون سابقة تم رصد السماء بواسطة العين المجردة، ثم بعد ذلك بواسطة التلسكوب وتم الوصول إلى أخذ الصور الفوتوغرافية في منطقة الأشعة الضوئية.

ولكن في القرن العشرين تمكن الفلكييون من كشف الكون من خلال كل أطياف الأشعة الكهرومغناطيسية، مستعينا بالمناظير المختلفة والمستقبلات التي تتسمع على الكون في مناطق الأشعة الراديوية والأشعة الفوق بنفسجية، وتحت الحمراء والأشعة السينية، وكل منها يرسم صورة مختلفة عن الكون ولكنها تكشف بوضوح أشياء كانت مجهولة وخافية عن البشرية.

وبعد ذلك بخمسة وعشرين عاما إنبثقت التطورات التقنية الحديثة وقامت بدور هام ظهر من خلال زيادة حساسية هذه الأجهزة حيث تمكن الفلكيون والمتخصصون من بناء مرايا كبيرة بالمناظير الفلكية التي تمكنهم

من الغوص في أعماق الفضاء الكوني والوصول إلى رصد الأجرام الأكثر بعداً والأكثر ضعفاً في شدة الإستضاءة.

وبواسطة تحسين المستقبلات أمكن تسجيل الفوتونات الصادرة من أجرام على أبعاد البلايين من السنين الضوئية. ومن أعظم المفاجآت التي تمت حديثاً هي إرسال تلسكوب هابل الفضائي خارج الأرض، الذي أمد الفلكيين بفيض من الصور الكونية الأكثر والأحسن والأدق مما سبق أن توصل إليه الإنسان على سطح الأرض من قبل.

وبجانب هذا تقريباً و في نفس الحقبة الزمنية السابقة نمت وتطورت الأفكار النظرية لتكوين وتركيب الكونً بنفس سرعة تقدم الأرصاد المأخوذة للكون. هذا بالإضافة إلى النظريات التي تنظم سلوكيات المادة والقوى التي تتحكم في أغلب الجسيمات الأولية المكونة للمادة في حالات الطاقة العالية جداً. كل هذا ساعد على إعادة دراسة اللحظات الأولى لتمدد الكون بنجاح عظيم.

ومن المعلوم أنه ليس فقط الأرصاد وطرق الحسابات هما مصادر المعرفة الكونية، وإنما الوصول إلى بناء الحاسبات الألكترونية السريعة جداً والفائقة السعة، و التي تسمح بالقيام بعمليات رياضية معقدة لمعرفة الأحداث التي تدخل في تركيب وتكوين المجرات والنجوم.

وهذا كله يجعلنا ننظر إلى المستقبل بواسطة هذه الثلاثية المتطورة من الآراء والأفكار النظرية مع وجود الحاسبات السريعة بالإضافة إلى الأرصاد في مناطق متعددة من الأشعة الكهرومغناطسية، وجميعها تسير في إتجاه واحد هو الوصول إلى معرفة كيفية تكون وتطور الكون، وكذا شكل الكون في اللحظات الأولى عند بدء تكونه، وما هي مكوناته ؟ !...

إن علم الكون هو موضوع متسع ومعقد، و في نفس الوقت له سحره وجاذبيته لقطاع عريض من البشر إبتداء من الشخص العادي إلى العلمـــاء المحترفين و الباحثيين.

وفي هذا الكتيب المبسط إلى حد ما سوف نلقي الضوء علـــى آخــر التطورات سواء في الأرصاد أو النظريات التي تؤدي إلى مفهوم حـــديث في علم الكون وخاصة الأرصاد الحديثة التى تقود إلى نتائج أحسن و قد تفسر ما لم تفعله تطبيقات النظرية النسبية لأنيشتاين ونظريـــة الإنفجـــار العظيم حتى الآن وذلك للوصول إلى حلول جازمة ومحـــددة عـــن حالـــة الكون وشكله ومصيره في الوقت الحاضر.

الفصل الأول
علم الكون قديماً وحتى الآن

إن بطون التاريخ هي من أهم المراجع للتعرف على معنى ومدلول علم الكون قديما. ففي عصور ما قبل التاريخ وفجر الحضارة وما بعدها كانت البشرية مشغولة بالبحث عن مغزى لوجودها وللعالم من حولها من خلال الأطر النظرية.

وقد كانت هذه الآراء النظرية الأولى غير معترف بها كعلم في مفهومه الحديث، بل كانت عبارة عن أساطير تميل كثيراً إلى حيز علم الإنسان أكثر مما هي في علم الكون.

وكان أول إنبعاث للكونيات كعلم حسب المفهوم العلمي الحديث في (العصر الإغريقي وبالذات منذ الفيلسوف طاليس *Thales*) : (٦٢٥ – ٥٤٣ ق.م. وكذا أناكسيماندر *Anaximander*) : ٦١٠ – ٥٤٠ ق.م.)، وأيضا فــ•ي مدرسة فيثاغورث حيث أنه لوحظ بأن الأرقام هي القاعدة الأساسية لتكوين جميع الأشياء الطبيعية.

ومن أهم الخطوات على مسار المفهوم الحديث ما قام به الفيسلوف أفلاطون (٤٢٧ – ٣٤٨ ق.م.)، والتي كانت شروحاته من وجهة نظر العرف الأغريقي، عبارة عن حكاية الخلق التي رواها الفيلسوف الخيالي تيمايوس اللوكري (*Timaeus Locris*) وشرح فيها كيفية نشوء الطبيعة بواسطة خالق إلهي مقدس أطلق عليه إسم " الصانع الماهر "

وكان هذا الإله يبحث بقدر ما يمكن أن يصل إليه التناسل من خلال نسخ طبيعية لتركيبات مثالية ومكتملة لمخلوقات حقيقية كائنة في العالم المثالي، وما تم خلقه هو مملكة الأشياء التي تتغير.

إن عمليات الميلاد والنمو والتغيرات والموت هي أجزاء من العالم الطبيعي ولكن مهمة (الصانع الماهر) هي فقط تحضير النموذج للعالم ولا يقوم بتكوين أو إجراء أي دور في الصيانة اليومية، ولكنه أوكل هذه العمليات إلى مجموعة من الآلهة التابعين له. وهؤلاء الأرباب المرؤسون كانوا على شكل إنساني يقومون بتنظيم ومراقبة العالم الطبيعي. ولهذا السبب فإن النظام الكوني كله يمكن شرحه في حدود السلوك الإنساني. وجميع الظواهر الطبيعية تتمثل في التفاعل المتبادل بين قوتين أساسيتين وهما " الباعث " و"الحاجة "

وكان الباعث يمثل نوعاً من "روح العالم" أما الوسط المادي وهو العناصر الأربعة التي يتكون منها الكون وهي التراب – الهواء – الماء – النار فكانت تمثل "مجال الحاجة ".

أما آراء أرسطو (٣٨٤ –٣٢٢ ق.م.) فقد هيمنت على التفكير الغربي في العصور الوسطى ومهدت الطريق لما جاء بعد ذلك في عصر التنوير. وفي بعض الوجوه تتشابه أفكار أرسطو مع المسببات العلمية الحديثة، ولكن هناك أيضا تباينات هامة على سبيل المثال :

أن الحركة حسب مفهوم أرسطو جميعها إما في إتجاه خط مستقيم أو على مسار دائري أو خليط من الإثنين، أما جميع الأجسام فهي إما بسيطة (أي تتكون من عنصر واحد مثل النار أو التراب) أومركبة(أكثر من عنصر). إن عنصر النار والأجسام المكونة منه لها ميل طبيعي للحركة إلى أعلى، بينما الأجسام المركبة من التراب فهي تتحرك إلى أسفل (في

إتجاه مركز الكون الذي هو الأرض – كما كان الإعتقاد وقتذاك) – أما الحركة الدائرية فهي من الطبيعي للمواد غير الأربعة عناصر المذكورة أعلاه. وكانت الحركة الدائرية تعتبر أكثر تقديساً من الحركة المستقيمة. كما أن المواد التي تتحرك في مسار دائري تكون أكثر تقديساً من الأجسام التي تسير على خطوط مستقيمة.

وكان الكون عند أرسطو كروي الشكل وينقسم إلى جزئين الأول: منطقة متغيرة وتمتد حتى تصل إلى القمر، وفي مركز هذه المنطقة تقع الأرض تحيط بها العناصر الأخرى. الثاني : فهو المنطقة الغير متغيرة وفيها تتحرك الأجسام السماوية في مسارات دائرية. وبالطبع لكل منطقة مجموعة من القوانين الفيزيائية حيث أنها تتركب من عناصر مختلفة من المادة. وكان الكون عند أرسطو محدود بسبب أنه يتحرك في مسار دائري (عندما تشاهد حركة النجوم بالعين المجردة) فإذا كان الكون لا متناه فإنه يتحرك مسافة لا نهائية في زمن لا نهائي وهذا مستحيل. وزعم أرسطو بوجود كون واحد فقط، كما أن الأرض كروية الشكل حيث أنها تلقى ظل كروي على سطح القمر أثناء كسوفه. ومن آراء أرسطو الأخرى أن المرء يمكنه أن يشاهد نجوم مختلفة من مناطق مختلفة على الأرض، في حين أنه كان يعتقد بأن النجوم ثابتة لا تتحرك وتقع في مركز الكرة السماوية التي تدور حول الأرض.

وفي العصور المظلمة إختفت تقريباً معظم المعلومات القديمة التي تمت في عصر الحضارة الأغريقية.

وفي عصر النهضة والمعرفة فإن الترجمات العربية للمراجع الفلكية المعروفة (بالماجسيتى) لبطليموس التي تمت فى حقبة مدرسة الإسكندرية القديمة إنتقلت إلى بلاد الأندلس. وبدأ التقدم في دراستها حتى قام العالم

كوبرنيكوس بوضع نظريته (في أوائل القرن السادس عشر) التي أطاحت بنظرية تمركز الأرض للكون، ونادى بأن الشمس هى مركز المجموعة الشمسية وليست الأرض التي هى أحد الكواكب التي تدور حول الشمس. وقد تم نشر نظرية كوبر نيكوس في سنة وفاته ١٥٤٣ م.

قام العالم المشهور جاليليو – بعد إختراعه أول تلسكوب عام ١٦٠٩ م برصد كوكب المريخ وأربعة أقمار تدور حوله وقد آثار غضب الفاتيكان لأنه عارض نظرية أرسطو التي كانت سائدة، بل أنه كذلك جاهر بقبوله نظرية تمركز الشمس للمجموعة الشمسية وليست الأرض.

وفي الحقبة الزمنية من أوآخر القرن السادس عشر وأوائل القرن السابع عشر الميلادي قام كبلر بدراسة الأرصاد الدقيقة التي رصدها الفلكي تيخوبراها (*Tycho- Brahe*، ١٥٤٦ – ١٦٠١ م) وتوصل إلى نموذج للمجموعة الشمسية مغاير لنموذج كوبرنيكوس حيث أن مسارات الكواكب حول الشمس دوائر، أما كبلر فقال أنها تقترب من المسارات البيضاوية (قطع ناقص). وكان نموذج كبلر أكثر تطابقاً مع الأرصاد في تلك الحقبة الزمنية في حدود دقة الأرصاد المعاصرة.

أما في الفترة الزمنية بدءاً من نيوتن ومن جاء بعده فقد ظهرت فكرة العالم كبل (*Kepler*) التي تقول بأن الكواكب تتحرك في مسارات بيضاوية ليست جذابة نوعاً ما. وبعد ذلك بحوالي ثمانية أعوام أى في عام ١٦١٩ م نشر نيوتن بأن حركة الكواكب حول الشمس من الممكن شرحها بقانون الجاذبية الكوني البسيط والمتناسق في شكله.

وفي الحقيقة فإن هذا القانون الكوني هو أول حالة لقانون متناسق التركيب لكن نتائجه غير متناسقة. ومما هو جدير بالذكر إن قانون نيوتن للجاذبية مازال مستخدماً في الوقت الحاضر، بل يعتبر إلى حد ما تقدير صحيح في

كثير من الحالات إذ ما قورنت بنتائج نظرية النسبية العامة لأنيشتاين التي عليها تأسست علوم الكون الحديثة.

وليكن من المعلوم أن قوانين نيوتن المعروفة للحركة قد إستهلت التغير في الفلسفة كما أنها أُدخلت في المنظور الميكانيكي للكون كنوع من آلات التوقيت الهائلة الفخامة، وكمنظور قوي دفع إلى بزوغ علم الفيزياء الرياضي، وهو أول محرك مثير للتطور التقني.

وحقاً أنه بهذه القوانين النيوتينية للحركة بدأ فجر الفيزياء النظرية، وكذا وجود تقارب جديد لعلم الكون المبني على القوانين الرياضية الكونية.

وقد جاء بعد نيوتن كل من الفلاسفة كانط (*Kant*) وديكارت (*Descartes*) ولابلاس (*Laplace*) الذين حاولوا تطبيق مفهوم القوانين الكونية على الكون ككل.

وعلى سبيل المثال كان الفيلسوف " كانط " أول من وضع نموذج معقول ومتكامل لمنظور الكون العلمي .وكان علم الكون عنده متقن تقنياً ومادياً، ولكن من الواضح جلياً أن علم الكون يجب أن يبدأ بالإدراك الحسي لتركيب متناسق الذي يمكن إتخاذه كدليل لبعض عينات من التصميم الكبير الكلي.

وبالرغم من أن أراء " كانط " الأساسية كانت مغلوطة، فإن عمله كان لا مثيل له في هذا المجال، حيث أنه إستفاد تفصيلياً بالنظرية الفيزيائية وأحتوى عمله رؤى أساسية عديدة.

هذا وقد إتخذت شروحاته الكونية كشكل لإبراز كيفية إثارة التركيب المنهجي المنظم بواسطة قوانين نيوتن للحركة والجاذبية من الحالة البدائية.

وهذه الحالة البدائية تتكون من الذرات أو الجزئيات من المادة المنتشرة في كل مكان من الفضاء اللامتناهي. وقد إعتبر " كانط " هذه الحالة غير مستقرة حيث أن الجزئيات الأكبر كثافة بدأت سريعاً في إجتذاب الجزئيات الخافتة، وهذا هو ما شرحه " كانط " لمنشأ الحركة وتكوين الأجسام وفي آخر الأمر نشأة الكواكب. وعموماً فإن نظرية " كانط " الكونية هي وصفية وتخطيطية.

وفي أواخر القرن التاسع عشر الميلادي كان الفيزيائيون مشغولين بإيجاد العلاقة بين علم الكون والديناميكا الحرارية (نظرية الطاقة والحرارة). وقد كان الإعتقاد السائد وقتذاك أن فناء حرارة الكون هو نتيجة للقانون الثاني للديناميكا الحرارية وهو الذي في النهاية يؤدي إلى قصور الآلية الكونية. أما تطور ونمو المنظور الميكانيكي فإنه يظهر في فكرة أن الكون من المحتمل أن يكون محكوماً بواسطة قوانين فيزيائية أزلية بالرغم عن أنها متغيرة مع الزمن، ويتبين ذلك في خطوة أساسية جوهرية أدت إلى ظهور نظرية الإنفجار العظيم (*Big Bang*) في القرن العشرين.

مولد نظرية الإنفجار العظيم

في أوائل القرن العشرين ظهرت كل من النظرية الذرية (*Atomic theory*) ونظرية الكم (*Quantum theory*)، وكذلك نظريتى النسبية الخاصة والعامة للعالم الكبير أينشتاين. وكان لظهور تلك النظريات نتائج مؤثرة للإقتراب من علم الكون. وظهور ما يعرف بعلم الكون النسبي. وأدت كل من النظرية الذرية ونظرية الكم إلى مفهوم الزمكان(الزمان والمكان) المطلق. وهذا ما خالفته النظرية الخاصة للنسبية وقضت عليه.

وفي عام ١٩١٥ م تقدمت النظرية العامة للنسبية ونصت على أن المكان (الفضاء) ليس فقط نسبي وإنما هو كذلك منحنى الشكل. وبإستخدام أنيشتاين لمعادلاته وجد أن الكون يجب أن يكون متمدداً. وفي أول الأمر إعتقد أينشتاين بأنه كان مخطئاً وتأهب لتعديل معادلاته التي أدت إلى الحل الإستاتيكي الكوني وذلك بإدخال الثابت الكوني.

وإستمر الحال حتى ١٩٢٩م عندما فجر " أدوين هابل " بواسطة الأرصاد إثباتاً بأن الكون في الحقيقة يتمدد.

وقد لعب علم الفيزياء الحديثة والتطور السريع والحديث في الأرصاد الفلكية سواء بالمناظير الكبيرة أو بالتقنيات الحديثة والسريعة للقياس، دوراً كبيراً في تشكيل علم الكون الحديث.

وهناك العديد من العلماء الذين ساهموا بنماذجهم وآراءهم الكونية بجانب نظرية أينشتاين مثل فريدمان (*Friedman*)، ليميتر (*Lemaitre*) ودي سيتر (*De Sitter*) وغيرهم.

وأخيراً فإن الإضطرابات والتباين الذي حدث ما بين نتائج النظريات الحديثة وتحقيقها بالأرصاد الفلكية الكونية ساعد على ظهور معسكرين متنافسين :-

- المؤيدون لنظرية الحالة الثابتة للكون والتي تنص على أن الكون أزلي ولا متناهي، وفيه تتخلق المادة بإستمرار.

-والرافضون لنظرية الحالة الثابتة للكون وإقتراح نظرية نشوء الكون بواسطة الإنفجار العظيم الفجائي.

وظل الجدل والمناقشات بين المعسكرين فترة حتى عام ١٩٦٥م عندما تم إكتشاف خلفية الإشعاعات الميكروموجية (قصيرة الموجة)

الكونية التي كانت من البراهين التي تشير بأن الكون يتمدد وكان أكثر سخونة وكثافة في الماضي السحيق.

وبحق كان هذا الإكتشاف هو بداية علم الكون الفيزيائي وكان هذا في أواخر أربعينيات القرن العشرين. وبعد ذلك بدأ الفلكيون في إحصاء المجرات البعيدة التي تشير إلى دليل في تطور خواص هذه الأجرام. وكان أول من قام بإجراء الحسابات كل من ألفر (*Alpher*) وهيرمان (*Hermann*) على الصفات النسبية للعناصر الكيميائية المتوقعة نتيجة التفاعلات النووية في اللحظات الأولى من نشوء الإنفجار العظيم.

وقد كانت هذه الآراء وغيرها في صف تعضيد نموذج الإنفجار العظيم أكثر من نظرية الكون الثابت.

النموذج العياري (*The Standard model*) :

للتحقق عن مدى صحة نظرية الإنفجار العظيم يستلزم الأمر وضع وصف رياضي ثابت في النظرية للخواص على مستوى المقاييس الكبيرة في الكون.

ومن أهم الخطوات لبناء هذا الوصف الرياضي المطلوب هو تحقيق التفاعل الأساسي وهو " قوى الجاذبية " حيث أنها الأكثر تميزاً على المقاييس الكبيرة في علم الكون.

وأن النظرية الكاملة لقوى الجاذبية الممكن الإستفادة منها هى النظرية العامة للنسبية لأينشتاين.

إن المبدأ الأساسـ ي الذي تقـوم عليه معظم النماذج الكونية هو المعروف بالمبدأ الكوني (*Cosmological Principle*) الذي ينص على أن الكون متشابه الخصائص في جميع الإتجاهات (Isotropic)، كذلك يكون

متجانساً(*Homogeneous*) على الأقل على المقاييس الكبيرة في الكون، وهذا معناه أن الكون يظهر للراصد في كل مكان بنفس الشكل.

وهذا الفرض يساعد على تبسيط وصف النظريات الهندسية المستخدمة في النماذج الكونية بدرجة أكثر مما في حالات أخرى كثيرة تستخدم فيها النظرية العامة للنسبية. لذا كان من الضروري مراعاة أن يكون وصف الخصائص الهندسية للزمكان (الزمان والمكان- *Space time*) ملائماً ومناسبّ للمبدأ الكوني السابق ذكره.

ومن هذا تبرز دالة رياضية تقوم بوصف هندسي يؤدى إلى أن الكون إما أن يكون :

١ – كون مستوى أي مسطح (*Flat Universe*) : أي أن إنحناء الزمان يختفي (أي يساوي صفراً) وفي هذه الحالة يمكن إستخدام الهندسة الإقليدية (التي نستخدمها في حالة المستويات).

٢ – كون مقفل أو مغلق (Closed Universe) : أي الذي يكون فيه منحنى الزمكان موجب الإشارة. وفي هذه الحالة لا تستخدم الهندسة الإقليدية في الكون. وعلى سبيل المثال في هذا الكون يكون مجموع زوايا المثلث أكبر من ١٨٠ درجة كما أن الخطوط المتوازية تتقاطع بعكس ما هو معروف في الهندسة الإقليدية (المستوية) حيث فيها مجموع زوايا المثلث يساوي ١٨٠ درجة ولا تتقاطع الخطوط المتوازية بل تتقابل في ما لا نهاية.وهذان النموذجان السابقان يكونان محدودين في حجمهما الفيزيائي وأنهما ينهاران في النهاية في المستقبل البعيد. كما يؤدى تناقص السرعة بواسطة الجاذبية في آخر الأمر يؤدي إلى توقف تمدد الكون ثم يبدأ في التقلص وينتهي بحدوث كارثة الإنكماش العظيم (Big Crunch)

٣ - كون مفتوح *(Open Universe)* : وهو الكون الذي يكون فيه منحنى الزمكان بإشارة سالبة. وفيه لا يمكن إستخدم الهندسة الإقليدية أيضاّ، حيث يكون مجموع زوايا المثلث أقل من ١٨٠ درجة والخطوط المتوازية تنفرج عن بعضها.

وفي بعض نماذج فريدمان تكون الكثافة أقل من الواحد الصحيح ويكون فيها الإتساع الفضائي غير محدود، ولا تنهار في المستقبل البعيد، وذلك لأن تناقص السرعات نتيجة الجاذبية يكون غير كاف لإيقاف تمدد الكون. ولذا فإن الكون يتمدد إلى ما لا نهاية مع التناقص المستمر للكثافة.

يتبين مما سبق أن هذه الدالة الرياضية المستخدمة لم تحدد بالضبط أي نموذج من هذه الأكوان الثلاثة المذكورة أعلاه ينتسب إليها - تقريباً - الكون الحقيقي في الوقت الحاضر.

وبعيداً عن الهندسة فإن تطور الكون ببساطة يوصف بحجمه الكلي، في حين أن الكون في أوقات مختلفة يحتفظ بنفس الشكل الهندسي. ولذا عند أخذ لقطات تصويرية في أوقات مختلفة تبين إنتفاضات في اللقطات الأولى، وهذا هو تمدد الكون كما بينته النظرية العامة للنسبية.

ونتيجة هامة للهندسة المنحنية والتمدد في الكون هو أن الموجات الضوئية تأثرت بكليهما عندما تتقدم هذه الموجات بسرعة محدودة من مصدر ضوئي إلى الراصد في أي مكان. وفي حالة أن سرعة الضوء محدودة كما هو معروف فهذا يعني أننا دائماً ننظر إلى الكون وكأنه في الماضي أكثر مما هو في الحاضر. وهذا يدعو إلى أننا يجب أن نكون مهتمين كثيراً بكيفية تفسير أرصادنا. ولكن هذا لا يعني في المبدأ أن ندرس تاريخ الكون

(ماذا كان شكل الكون في الماضي السحيق) وكذلك جغرافية الكون (ماذا يكون شكل الكون الآن) لقد تم تعيين ديناميكية الإنفجار العظيم بواسطة قوانين أينشتاين للجاذبية من النظرية العامة للنسبية. وفي الحقيقة فإن النظرية تتضمن مكونات رياضية صعبة ومعقدة. لذا حاول فريدمان إيجاد عدة حلول رياضية مبسطة، وهذا أدى أن يضع نماذج تهئ أساسات نظرية الإنفجار العظيم.

من خاصية الكون المتجانس والمتساوي الخصائص في جميع الأتجاهات حول أي نقطة في الكون برز قانون هابل الهام في جميع النماذج الكونية وينص قانون هابل على أن سرعة إبتعاد المجرات أو الأجرام السماوية بشكل عام عن الراصد تتناسب مع بعدها. وهذا يعني أن سرعة إبتعاد الجسم الكوني تساوي حاصل ضرب معامل (بارامتر) في بعد هذا الجسم. وهذا المعامل يسمـــى معامل هابل (أو بارامتر هابل). وهناك الكثيــر من المصاعــب المهولة في أخذ الأرصاد لتعيين أبعاد المجرات الخارجية التي منها يمكن تحديد قيمة معامل هابل. ولهذا المعامل أهمية كبيرة لأنه يحدد بل يشير إلى عمر الكون، كما أنه يعطي مقاييس لأفق الرصد الكوني.

إن أهم العناصر الأساسية لتحديد النشوء في كون فريدمان على مدى الأزمنة الطويلة هو دالة الكثافة الكونية. وببساطة فهى النسبة الحقيقية للكثافة إلى القيمة الحرجة اللازمة لإيقاف تمدد الكون ليبدأ في الإنكماش مرة أخرى (وهذا هو الكون المقفل).

فإذا كانت هذه الدالة للكثافة الكونية أكبر من الواحد الصحيح فإن منحنى مسار الزمكان ذات قيمة موجبة. وفي هذه الحالة يبدأ الكون في الإنكماش

للرجوع إلى نقطة البداية، وهى تعرف بحالة الإنكماش العظيم (*Big Crunch*).

وإذا كانت دالة الكثافية للكون أقل من الواحد الصحيح فإن قيمة مسار الزمكان تكون سالبة الإشارة وحينئذ يستمر الكون في التمدد إلى الأبد مع تناقص قيمة الكثافة.

ويقع بين الحالتين السابقتين أن دالة الكثافة الكونية تساوي الواحد الصحيح وهنا يكون الكون مستوياً (*Flat Universe*).

أما في وقتنا الحاضر فإن قيمة دالة الكثافة الكونية غير معروفة بالضبط. وما يمكن أن نقوله هو أنها تقع ما بين ١و. إلى ٢ أو ٣. ولذا كان من الضروري تحديدها بوسائل الرصد الحديثة المختلفة وبالأخص البحث عن المادة المظلمة (*dark matter*) حيثما تكونت وعلى أي شكل تكون.

وعندما نقوم بتطبيق وإستعمال الشكل القانوني للنظرية العامة لأينشتاين لدراسة الكون فمن الضروري الدخول في علم الرياضيات. وليكن في المعلوم أن علم الكون ليس فقط رياضيات ولكنه فرع من العلوم الفيزيائية، ولذا فهو يعتمد أساساً على النتائج من الأرصاد الكونية.

وكان لنظرية الإنفجار العظيم أبعادا أكثر من معادلات فريدمان وكذا قيم دالة الكثافة الكونية وثابت هابل، والتى هى وسائل أولية يستخدمها علماء الكون لدراسة الطرق الفيزيائية التي يمكن تطبيقها على المراحل المختلفة لتاريخ الكون الحراري.

إن أول بادرة من بوادر إثبات نظرية الإنفجار العظيم الأساسية كان تمدد الكون نفسه المتجسد في قانون هابل الذي يعطي العلاقة بين إنحراف خطوط الطيف إلى اللون الأحمر والمعروف بالإزاحة الحمراء (*Red*

(*Shift*) وبين مسافات المصادر الكونية القريبة نسبياً من الأرض. وهذا ما قــام به فعلاً هابل لرصد المجرات القريبة. ولقد كان هابل محظوظاً لأن عدد المجرات التي رصدها كان إلى حد ما قليل نسبياً وعلى أبعاد قريبة نوعاً، وكانت العلاقة بين الإزاحة الحمراء وأبعاد المجرات ليست قوية. ولكن في الأزمنة الحديثة فقد أمكن تطبيق قانون هابل بشكل مقنع وثبت أنه صحيح على أبعاد بعيدة نوعاً ما. وعلى ذلك فمن المؤكد أن قانون هابل صحيح من الجهة الرصدية، مع العلم بأن نظرية الأنفجار العظيم لا تشمل معامل يشير إلى تمدد الكون. الإثبات الثاني لظرية الإنفجار العظيم الذي من المحتمل أن يكون الأكثر إلزاماً هو إكتشاف وجود خلفية الإشعاعات (ذات موجات قصيرة جداً) الميكروموجية الكونية. ومن الأرصاد الطيفية الحديثة جداً المأخوذة بواسطة مستكشف الإشعاعات الميكروموجية (*COBE*) المؤكدة والغير قابلة للخطأ تثبت وتؤكد أن هذه الإشعاعات الميكروموجية مهما كان مصدرها كانت في حالة إتزان حراري مع المادة.

أما الإثبات الثالث لنظرية الإنفجار العظيم هو نجاحها في تحديد دقيق لنسب العناصر الخفيفة مثل الهــليوم – الديوتريوم (*Deuterium*) – الليثيوم (*Lithium*) والبريلــيوم (*Beryllium*) الموجودة في الكون. ولقد تخلقت هذه العناصر في نموذج الإنفجار العظيم بواسطة التركيب النووي في بداية الثوان الأولى لتكوين الكون.

والخلاصة أن محتوى نموذج الإنفجار العظيم توحد مع تمدد الكون من الحالة الساخنة للتوازن الحراري (*Thermal equilibrium*) بتفعيل العناصر الخفيفة، وكان الناتج من ذلك هو خلفية الإشعاعات الميكروموجية الكونية.

وأهم ما نصل إليه هو أن نظام الإنفجار العظيم يفسر أغلب الصفات الكونية التي نرصدها اليوم ومن قبل، وبعد مضي ومرور ما يقرب من خمسة عشر بليون سنة من بدء حدوث الإنفجار العظيم نفسه، وبطريقة تراجعية حتى جزء الواحد من المليون من الثانية الأولى بعد تخليق هذا الحدث التي تحدد مصدر الزمن الكوني.

ومن المهم الإعتراف بأن نظرية الإنفجار العظيم غير كاملة تماماً وتركت بعض الإستفهامات بدون إجابة، ولكن مع ذلك فهى أحسن نموذج أمكن التوصل إليه حتى الآنَ الذي يكوّن الإطار الذي يحتوي في الواقع جميع البيانات الرصدية. ولكن للأسف لم نصل إلى تحديد قاطع عن شكل الكون وهل هو متمدد إلى الأبد أم في حالة لبدء الإنكماش أم هو كون ثابت.

وقد كشفت بعض الدراسات الحديثة نقاط تساعـد على هدم تفكيرنا في إتجاه الإنفجار العظيم، مثل إكتشاف مجموعة نجمية من النوع الثالث _III_ (أي _Population III_) بجانب ما تعرفه من المجموعتين النجميتين _I_، _II_ . وهذه المجموعة النجمية _III_ يزعم الكثير من العلماء وجودها وأنها تكونت تقريباً في اللحظات الأولى من نشأة الكون وتحتوي هذه المجموعة الجديدة على عناصر ثقيلة وهذا هو الغير مقبول بالنسبة لعلماء الكون. ولقد تحقق علماء تركيب النجوم من وجود هذه المجموعة من النجوم لكن وضع علماء الكون الذين يؤمنون بنموذج الإنفجار العظيم في مواجهة مع مشكلة كيف تتكون العناصر الثقيلة في بداية نشأة الكون ؟ وهل الكون كان متجانس ومنتظم التوزيع لبرهات ؟ فتكونت تلك العناصر؟... مازال هذا السؤال مفتوحاً ويبحث عن إجابة !!!

ولذا فكان لابد من الإتجاه إلى دراسة جديدة والبحث عن محتويات الكون الفعلية وتعيين الكثافة الكونية التي يتوقف عليها تحديد حال وهيئة

الكون الفعلية، وخاصة بعد إكتشاف تقنيات حديثة جداً في الرصد ونظريات رياضية متقدمة.

وهذا ما نقوم بالتنويه عنه في الفصول التالية.

الفصل الثاني

الإنفجار العظيم (*Big Bang*)

في أوائل القرن العشرين ظهرت نظرية أنيشتاين العامة للنسبية، وقام بتطبيق معادلاته ووصل إلى أن الكون يجب أن يكون متمدداً وفي بادئ الأمر ظن العالم الكبير أن معادلاته غير صحيحة وحاول تعديلها مما أدى إلى الحل الإستاتيكي للكون.

وعندما أثبت هابل بواسطة الأرصاد التي قام بها على المجرات حقيقة تمدد الكون وكان ضمن النظريات والآراء الكونية التي حاولت أن تتطابق وتتوافق نتائجها مع الأرصاد هى نظرية الإنفجار العظيم. وهذه النظرية مبنية أساساً على فرض أن الكون في البدء كان مضغوطاً جداً ومركزاً جداً لدرجة أنه مدكوك ومكبوس في بقعة متناهية الصغر بحيث أنها تصبح بدون أبعاد تقاس. وعلى المرء أن يتصور ويتخيل أن هذا الكون اللانهائي المرصود بعد جمعه ولملمته بكل ما هو موجود فيه من أصغر هبأة غبار إلى أي ذرة من المادة هنا وهناك وحتى نهاية حدود الكون نتصور أنها مكبوسة بأي طريقة إلى أصغر حيز ممكن بدون أبعاد مقاسة له، وكان هذا هو الفرض لحال الكون في البداية ثم حدث الإنفجار الهائل الفجائي !!!..

وعندما بدأ الكون في التمدد والتضخم لم يكن في الحقيقة إنتشاراً للخارج لملأ الفراغ الأكبر وإنما كان الفراغ الذى حدث هو ما تكوّن وتخلّق نتيجة إمتداده، كما أنه لم يكن هناك زمان من قبل حيث أنه ليس هناك ماضي ينبثق منه الزمان. ولهذا يمكن القول ببساطة أن الكون أخذ

في التكون من لا شئ. وبعيداً عن التصور والإدراك يمكن الإدعاء بأن البقعة المتناهية في الصغر والمدكوكة أوجدت الأبعاد والفضاء الكوني. وفي اللحظات الأولى للإنفجار العظيم نتجت الجاذبية والقوى الأخرى التي تضبط وتسوس طبيعة الكون.

وفي أقل من بضعة ثواني كونية أصبح الكون ملايين البلايين من الأميال في الكبر ويزداد وينمو بسرعة. هذا بجانب الإرتفاع الهائل في درجة الحرارة التي وصلت إلى بلايين الدرجات الحرارية الكافية لبدء التفاعلات النووية التي نتج عنها تكون الغازات الخفيفة أساسا وهى الأيدروجين والهيليوم وقليل من الليثيوم.

وفي خلال ثلاث دقائق كونية تخلق ما يقرب من ٩٨% من المادة الموجودة في الكون وإستمرت أبدا. وكان وما زال هناك الجدال مستمراً عن بدأ لحظة تكون الكون. هل هى عشرة أو عشرون بليون سنة أم هى ما بين القيمتين ؟؟ ولكن هناك إتفاق على أن بدء الكون كان منذ ١٣,٧ بليون سنة، ولكن من المعلوم أن قياس هذا هو من أهم المواضيع الشديدة الصعوبة.

لقد كان التفكير في حدث الإنفجار العظيم حديثاً نوعاً ما، فقد بدأ في عشرينات القرن الماضي بواسطة القس البلجيكي ليميتر (*George Lemaitre*) وأصبح معلوماً في الستينات من القرن العشرين عندما لاحظ كل من أرنو بنزياس (Penzias) وروبرت ويلســون (*R. Wilson*) عام ١٩٦٥ أثناء تركيب هوائي ضخم تابع لشركــة بــل (*Bell*) في بلدة هولمديل نيو جيرسي (*Holmdel - NewJersey*)، وعند تجربته وجدا خلفية من شوشرة وأزيز ثابت ومستمر مما أفسد إختبار العمل المطلوب،

وقد كانت هذه الشوشرة من جميع الإتجاهات في السماء ليلاً ونهاراً وكذا في جميع الفصول.

ومن قبل في أربعينات القرن العشرين قام العالم جورج جاموف *(George Gamow)* بحساب الزمن الذي أخذه الإشعاع الكوني الناتج من الإنفجار العظيم مخترقاً الإتساع الكوني اللانهائي حتى يصل إلى الأرض في شكل أمواج ميكروموجية، وهذا ما لاحظه كل من أرنو وويلسون في شكل شوشرة ولم يفهما حقيقتها. وقد وجد جاموف نهاية الكون أو على الأقل يمكن القول نهاية الجزء المرئي منه وهو على بعد ١٠^٢٤ ميل (مليون مليون مليون مليون). وأن هذه الأمواج الميكروموجية ما هي إلا الفوتونات الأولية اتي نتجت عن الإنفجار العظيم وأن الزمن والمسافة حولت هذا الضوء الأقدم والأول بعد الإنفجار العظيم إلى أمواج ميكروموجية.

وحديثاً تم قياس هذه الإشعاعات الميكروموجية الكونية بواسطة القمر الصناعي المسمى "المستكشف لخلفية الإشعات الميكروموجية" *(Cosmic Background Explorer) COBE)* وتم تحديد درجة حرارتها وتساوي ٢,٧٣ درجة مطلقة. ويدل تجانس وإنتظام درجة الحرارة للخلفية الإشعاعية الكونية على أنها ليست قادمة من مجرتنا، وإنما لابد أن تكون صادرة من الكون ككل. وقد بدأت منذ أن كان الكون ساخناً جداً ومعتماً. وظلت هذه الخلفية الإشعاعية الكونية تسبح في الفضاء الكوني منتشرة بغير قيود منذ تكون الذرات والذى حدث بعد مائة ثانيةكونية من بداية حدوث الإنفجار العظيم.

وفي عام ١٩٩٠ توصل العلماء إلى أن التمدد الكوني للمجرات وكذا الخلفية الإشعاعية الكونية هما من أهم البراهين العملية التي تعضد وتقف بجانب نظرية الإنفجار العظيم، إلا أن هناك برهان آخر بجانبهما هو :-

التكوين الكيميائي للكون

بعد اللحظة الأولى من بدء الأنفجار العظيم كانت مادة الكون(كتلة وطاقة) على شكل " حساء كوني " أو " صبّة كونية " من الإشعاعات الكهرومغناطيسية مع الجسيمات الأولية وهى البروتونات والإلكترونات. ولا يمكن لأي نوع آخر من الجسيمات أن يتولد وسط هذه الحرارة الهائلة في الكبر. ومع ذلك فبعد الثانية العاشرة الكونية من حدوث الإنفجار العظيم أخذت درجة الحرارة في الإنخفاض إلى ما يقرب من عشرة بليون درجة مطلقة، وقد كانت كافية لإتحاد البروتونات مع الإلكترونات مكونة النيوترونات التي أصبحت المادة الخام التي منها تكونت نوى الذرات الأخرى. وعندما كان عمر الكون مائة ثانية كونية أخذت النيوترونات في الذوبان مع البروتونات مكونة في المرحلة الأولى عنصر الديوتريوم (*Deutrium*) أي الماء الثقيل، وبعد ذلك تكونت العناصر الخفيفة مثل الأيدروجين- الهليوم – الليثيوم والبريليوم بواسطة عملية التكوين النووي. وقد تحقق وجود هذه المكونات بواسطة الفلكيين من دراسة التكوين الكيميائي للسحب الغازية الأولية النقية.

ومع أن العلماء أطلقوا على هذا الحدث بأنه الإنفجار العظيم إلا أنه من اللازم التنبيه بأنه ليس إنفجاراً بمفهومه المعتاد التقليدي، بل أنه إمتداد وتضخم فجائي حدث بمقياس هائل لا يمكن تصوره وإدراكه ولذلك يمكن

أن نطلق عليه الدُوي الأعظم وهنا نتساءل عنما أوجب حدوث هذا الإنفجار العظيم؟.

هناك رأي بأن ما كان في البدء بقعة متناهية الصغر والمدكوكة والمضغوطة بدرجة لا يمكن تخيلها التي كانت قبل حدوث الإنفجار العظيم ما هي إلا بقايا كون سابق وحدث له إنهيار، وأن الكون الحالي ما هو إلا إحدى حلقات دورة أزلية متكررة من عوالم متضخمة وعوالم منهارة !!..

ومن المحتمل أن يكون الكون الحالي ما هو إلا فقط جزء من عدد كبير من الأكوان ذات الأبعاد والأحجام المختلفة يحدث فيها جميعاً إنفجارات عظمى بإستمرار !!..

وقد صرح أحد علماء علم الكون أندريه ليند (*Andrie Linde*) حديثاً بأن نظرية الإنفجار العظيم لم تكن حول الإنفجار في حد ذاته وإنما كانت حول ماذا حدث بعد الإنفجار !!. وليس بفترة طويلة وإنما الإعتقاد بأنها كانت فترة متناهية الصغر تصل $١٠^{-٤٣}$ من الثانية الكونية.

وفي عام ١٩٧٩ م طرح العالم آلان جوث (*Alan Guth*) نظرية التضخم الكوني (*Inflation theory*) قال فيها :

أن الكون إنتفخ وتضخم بعد حدوث الإنفجار العظيم الفجائي بجزء بسيط من اللحظة. وفي واقع الأمر أن الكون تسابق وجرى مع نفسه مضاعفاً حجمه كل $١٠^{-٣٤}$ من الثانية الكونية وبعد جزء يساوي $١٠^{-٣}$ من الثانية الكونيـــة وصل الكون على الأقل إلى $١٠^{٢٩}$ مرة أكبر مما كان عليه بعد حدوث الإنفجار العظيم.

وتقوم نظرية التضخم بشرح التموجات والدّوامات التي قامت بتخليق الكون الحالي، وبدونها كان من الممكن أن لا تحدث ولا تنشأ تجمعات

المادة، ولا أن تتكون النجوم، وإنما كان من الممكن أن يظل الكون عبارة عن غازات جارفة مستمرة في الظلام الدامس.

وطبقاً للنظرية المذكورة ففي جزء ضئيل من الثانية الكونية ($١٠^{-٤٣}$) بزغت الجاذبية وبعد فترة وجيزة إنضمت إليها قوى الكهرومغناطيسية والقوى النووية القوية والضعيفة وهى أساسيات علم الفيزياء.

وبعد ذلك في اللحظات التالية تجمعت الجسيمات الأولية مع ما سبق وبذلك نجد أنه من عدم وجود لاشيء بالمرة في هذه البقعة المدكوكة والمتناهية الصغر إنطلق منها فجأة أسراب من الفوتونات والبروتونات والإلكترونات والنيوترونات وغير ذلك الكثير بكميات هائلة لا يمكن إدراكها. ويكفي أن نعرف أنه في لحظة فرقعة وحيدة إنبثق كون متسع الأطراف على الأقل بقطر يصل إلى مئات البلايين من السنين الضوئية حسب معلوماتنا حتى الآن.

وتبعاً لنظرية التضخم من المحتمل أن يكون الكون لا نهائي الإتساع وتم تنظيمه وإعداده بإتقان وإنضباط محكم ودقيق لتخليق نجوم ومجرات وكذا منظومات معقدة أخرى.

وفي حالة أن يكون الكون قد تكون بالكاد أي أقل قليلاً ومختلفاً عن ما هو عليه بمعنى أن تكون الجاذبية أكبر قليلاً أو أقل مما عليه بكمية ضئيلة، أو أن التمدد يكون قد تحرك بسرعة أقل أو أكبر من سرعته حينئذ فمن المستحيل أن تتكون عناصر مستقرة لتكوين أي شئ من المكونات الكونية في هذا الكون الذي نعيش فيه. وعلى سبيل المثال :

١ – لو أن قـــوى الجاذبية كانت أضعف قليلاً ففي جميع الأحوال لا يمكن لأي شئ أن يتحـــد وينمو بل يظل الكون خلاء مشتت كئيب إلى الأبد.

٢ – وفي حالة أن قوى الجاذبية أكبر طفيفاً فمن المحتمل أن ينهار الكون ذاتياً. ولهذا إعتقد بعض العلماء إحتمال وجود العديد من الإنفجارات العظمى منتشرة خلال هذا الأمتداد العظيم السرمدي. وإحدى هذه الإنفجارات العظمى هي التي خلّقت الكون الذي ننتمي إليه نحن، وأن جميع العوامل كانت في هذا الكون قياسية ومنضبطة تماماً لنشأته. ولكن على مدى الأزمنة الأزلية التي مضت والتي سوف تمر فمن المحتمل أن :

أ – تزداد قوى الجاذبية طفيفاً ويتوقف تمدد الكون ويؤول بذلك إلى حدوث إنهيار ذاتي حتى يصل ثانية إلى بقعة مدكوكة متناهية الصغر مثلما كان قبل بدء الإنفجار العظيم. ومن الجائز بعد ذلك أن يبدأ مرة أخرى بحدوث إنفجار عظيم آخر، وفي هذ الحالة يطلق على هذا الكون بأنه كون مقفل (*Closed Universe*)

ب – وإذا كانت قوى الجاذبية أقل مما هى عليه طفيفاً ففي هذه الحالة يستمر الكون في الأمتداد والتسابق إلى الخارج إلى الأبد حتى أن جميع المكونات الكونية تصير متباعدة جداً عن بعضها البعض. بحيث لا توجد بينها تفاعلات محسوسة إلى أن يصبح الكون خالياً تقريباً وهامداً بلا حركة، وفي هذه الحالة يسمى بالكون المفتوح (*Opened Universe*).

ج – وأخيراً عندما تكون قوى الجاذبية بالتمام والكمال بالكاد مساوية للقيمة المناسبة والملائمة لحفظ التوازن والقادرة لتخليق مكونات الكون بوجه عام، وفي هذه الحالة تسمى الكثافة الكونية " بالكثافة الحرجة " (*Critical density*) ويطلق على الكون " بالكون المستوى " (*Flat Universe*).

الفصل الثالث

التركيب الكوني (*Cosmic Structure*)

من البحوث المختلفة التي نمت خلال السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشروبداية القرن العشرين نعلم أن الكون على المستوى الكلي يتكون من عوالم (مجرات) بأعداد هائلة ومن ضمنها العالم الذي نعيش فيه على الكرة الأرضية التي هى أحد الكواكب التسعة التي تدور حول الشمس مع أقمارها وخلافها. كما أننا نعلم أن الشمس هى نجم متوسط الحجم في مجرتنا مثل ملايين الملايين من النجوم الأخرى المختلفة في الحجم والكتلة واللون وشدة اللمعان. هذا بالإضافة إلى الجسيمات الهائمة بين هذه النجوم والغازات والمادة المظلمة التي لا يمكن مشاهدتها أو رصدها، كل هذا العالم وأمثاله من العوالم الأخرى تعرف بالمجرات. وما هى إلا حدائق تحوي الكثير من أزهار وورود ونوارات مختلفة الألوان والأحجام من الأجرام الكونية. نبدأ أولاً بنبذة بسيطة عن مجرتنا.

وحتى الآن نعلم أن محتويات التركيب الكوني هي :

١ – مجرة طريق التبانة (*Milky Way*)

تعرف بمجرة طريق اللبانة في بلاد الغرب وفي مصر وبعض بلاد المشرق تعرف بدرب التبانة. وفي الحقيقة فإن مجرتنا تحتوي على الكثير من الدروب الترابية والبطش الغمامية (أو الضبابية) التي يتخلّق فيها النجوم الحديثة الولادة، وكذا على النجوم الأقزام الحمراء التي سبق وإنفجرت، والنجوم ذات اللون الأصفر التي تشبه شمسنا، هذا بجانب النجوم العمالقة العظمى زرقاء اللون وبقايا النجوم الفوق الجديدة وما

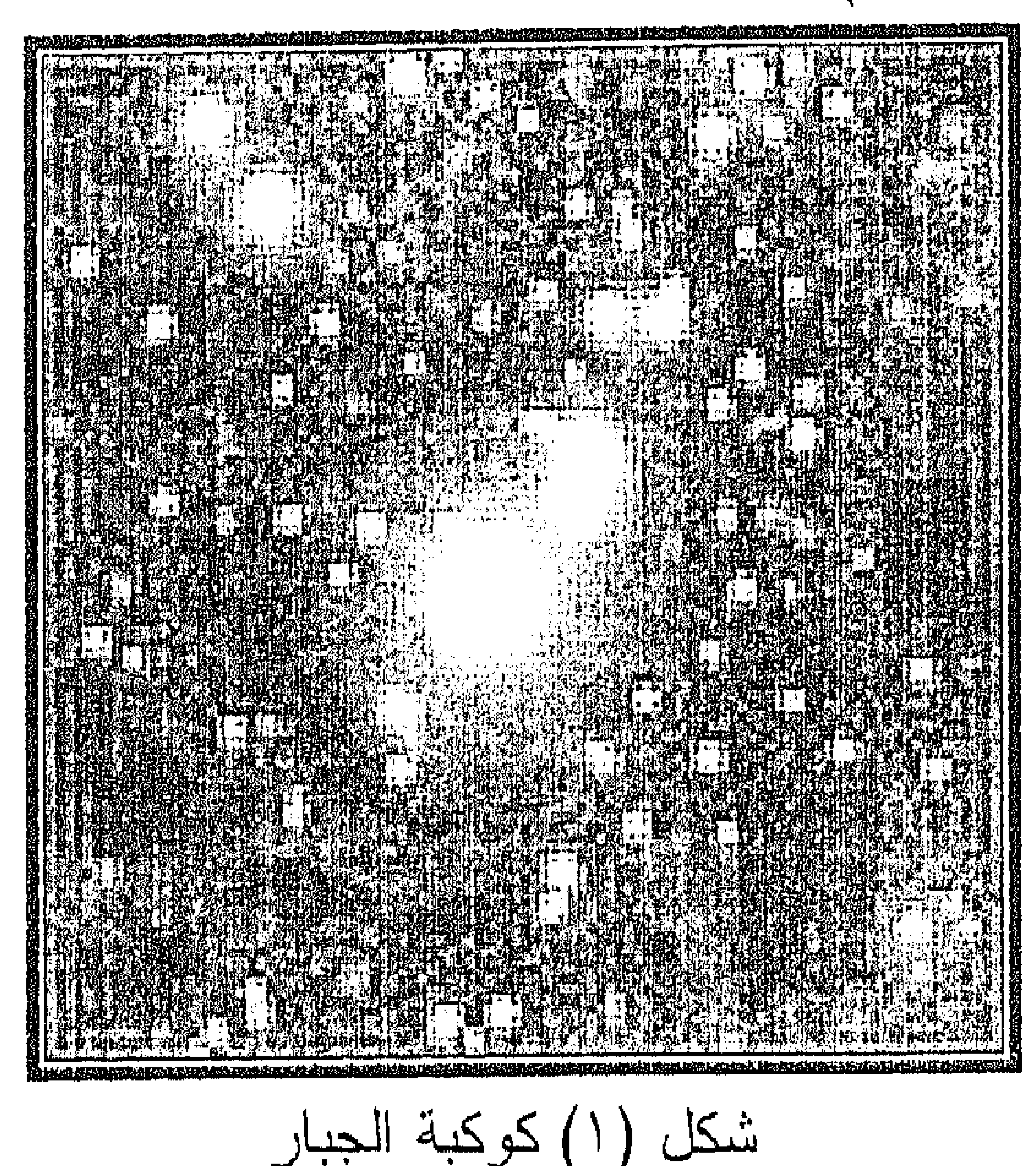
حولها من غازات. وأضف إلى ذلك نجوم مختلفة الألوان والأحجام وشدة الاستضاءة. وكذلك الثقوب السوداء شديدة الشراهة لإبتلاع النجوم وغيرها من المادة.وهذا كل مكونات المجرة التي ننتمي إليها حتى وقتنا الحاضر.

وقد أخذ الفلكيون في البحث والتنقيب لتحديد ومعرفة أعمار ومواقع وحركات وكذا تركيبات النجوم الفردية بهدف الوصول إلى معرفة نشأة وتطور مجرتنا، تماماً مثل عالم الآثار الذي يقوم بالتنقيب ودراسة ما يجده من آثار قديمة لفك ومعرفة طلاسم وأسرار الأزمنة الغابرة.

ومما توصل إليه الفلكيون أن معظم الضوء في مجرتنا ينبثق من قرص المجرة الذي يتراوح قطره ١٢٠ ألف سنة ضوئية – (وهى المسافة التي يقطعها الضوء بسرعته ٣٠٠ ألف كيلو متراً في الثانية لمدة قدرها سنة) – مع العلم بأن الشمس ومجموعتها من
الكواكب وغيرها تستوطن في هذ القرص وتبعد حوالي ٢٧ سنة ضوئية من مركز المجرة.
ويبلغ سمك قرص المجرة ألفي سنة ضوئية في الإتجاه الرأسي على قطر قرص المجرة. ويسمى المستوى الذي يقسم المجرة إلى نصفين بالمستوى المجري الأستوائى (*galactic equator*)، وتقع الشمس فوق المستوى المجري ببضعة سنين ضوئية، ويطلق عليه الطريق اللبني (*Milky Way)* أو درب التبانة في الشرق.

وإذا نظرنا في إتجاه مستوى القرص فإننا نشاهد أعداداً هائلة من النجوم القريبة والبعيدة. أما إذا نظرنا إلى فوق أو إلى تحت بالنسبة للقرص المجري فإن النجوم تكون قليلة نسبياً وهى القريبة فقط من الشمس.

ومن البحوث والدراسات المتراكمة حتى وقتنا الحديث ثبت أن مجرتنا لها أزرع حلزونية وهى التي تعطي لمجرتنا شكل العجلة المسننة لمن يشاهدها ويرصدها من خارج مجرتنا إن وجد ! وفي هذه الأزرع الحلزونية توجد السحب العملاقة للجزئيات بجانب النجوم اللامعة حديثة الولادة وهناك تتخلق مناطق ذرات الهيدوجين المتأينة والمتألقة باللون الأحمر وكذا من المصابيح المتلألأة الرائعة في مجرتنا وهى النجوم مثل نجم الرجّل و إبط الجوزاء في مجموعة نجوم كوكبة الجبار التي تزين السماء ليلاً (الشكل ١)



شكل (١) كوكبة الجبار

ومن المكونات الكونية بجانب مجرتنا هى :

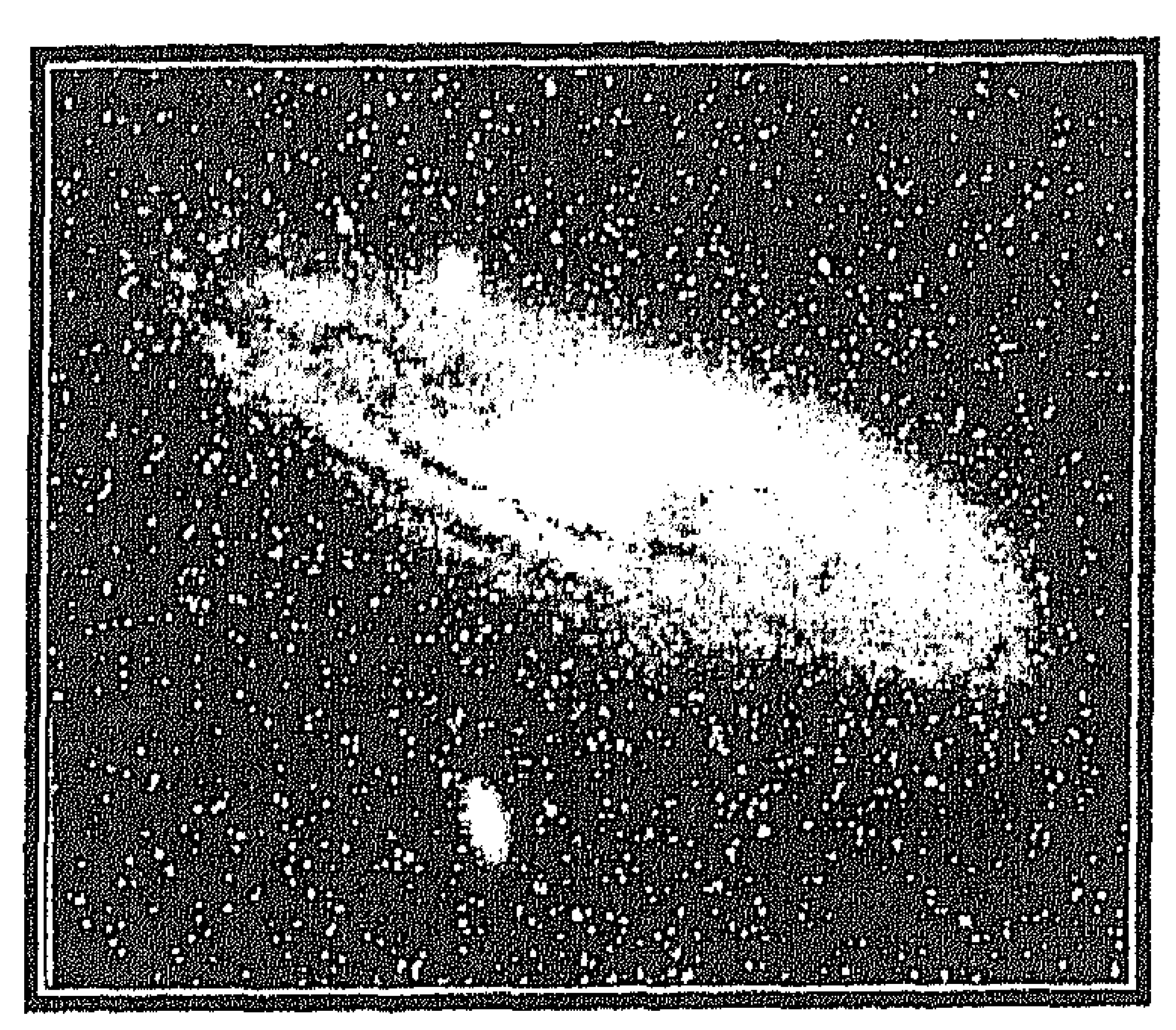
٢ - المجرات الخارجية عن مجرتنا

في عام ١٦٥٧ م إقترح العالم الإنجليزي ورن (*Wren)* بوجود عوالم أخرى خارج مجرتنا ومشابهة لها، وظل هذا الإقتراح أكثر من مائة

عام لا يحوز على موافقة المتخصصين في العلوم الفلكية. وفي خلال القرن التاسع عشر الميلادي تم إكتشاف العديد من السدم الحلزونية وكان الإعتقاد بأنها مجموعات كوكبية تشبه مجموعتنا الشمسية وموجودة داخل مجرتنا.

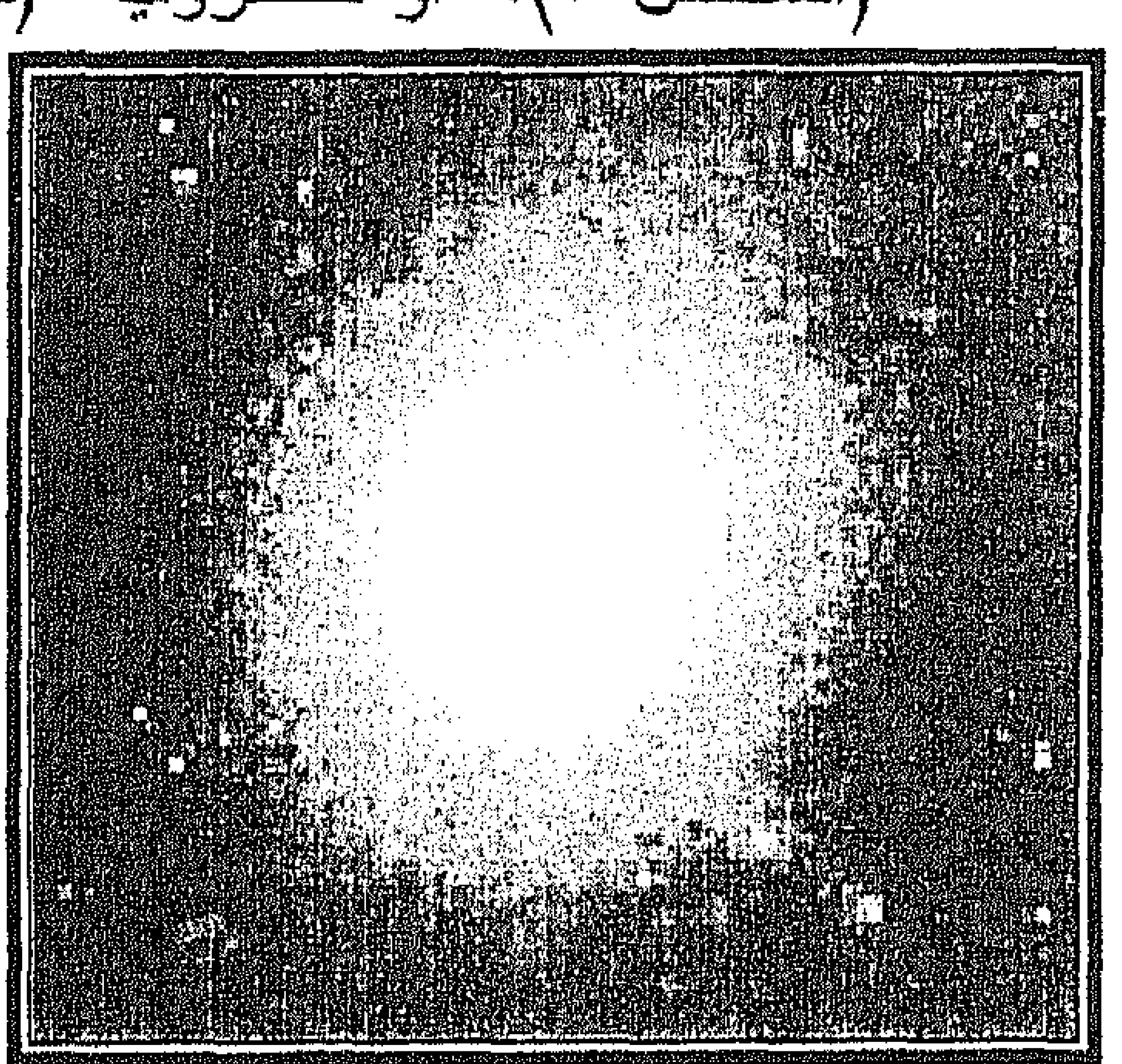
وفي أوائل القرن العشرين وجد سليفر (*Slipher*) أن أغلب هذه السدم تتسابق في الفضاء الكوني بسرع أكبر بكثير من أي نجم في مجرتنا. ومن ذلك توصل إلى الإشارة بأنها لا تقع في مجرتنا وإنما هى كائنة في أعماق الفضاء الكوني على مسافات هائلة من مجرتنا. ولذا تظهر غير لامعة ومعتمة للعين المجردة وحتى بواسطة المناظير الصغيرة. وهذا يدل على أنها كبيرة الحجم جداً. وقد أطلق عليها الفلكيون إسم المجرات بدلاً من الطرق اللبنية مثل مجرتنا.

وعام ١٩٢٣م أثبت إدويــن هابل (مرصد مونت ويلسون في أمريكا) وجود هذه السدم الحلزونية وذلك برصده المجرة الحلزونية المعروفة تحت إسم سديــم أندرومــيدا أى المرأة المسلسلة (*Andromeda Nebula*) وقد تمكن هابل عن طريق رصد نجوم متغيرة من نوع المتغيرات القيفاوية (السيفيدات) من قياس وتحديد بعد هذا السديم بحوالي ٢٫٤ مليون سنة ضوئية. ومنذ ذلك الحين أطلق الفلكيون عليها إسم " مجرة المرأة المسلسلة " التي تضئ وتتلألأ فيما وراء مجرتنا في الفضاء الكوني (إنظر شكل ٢).

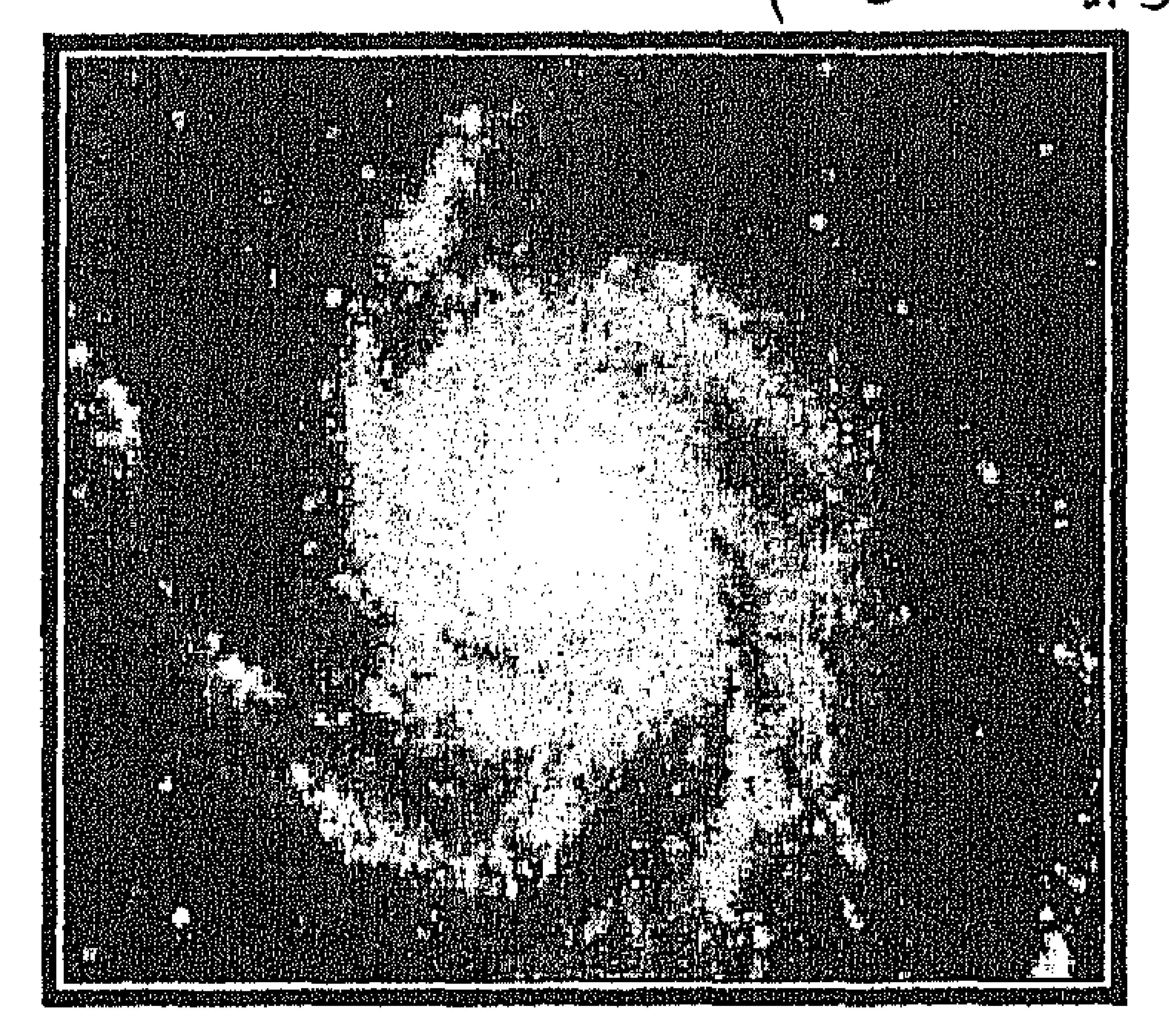


شكل (٢) مجرة المرأة المسلسلة

وتتكون المجرات العملاقة من النجوم والغازات والأتربة والجسيمات الكونية، ويصل عدد نجومها إلى أعداد مهولة أي ما يقرب من مئات البلايين. وهناك العديد من المجرات المختلفة في الحجـم، شدة الإستضاءة والكتلة وكذلك الشكـل. وهناك مجرات بيضاوية (الشـكل ٣)، أو حـلزونية (لولبيـة شكل ٤)



شكل (٣) مجرة بيضاوية



شكل (٤) مجرة حلزونية

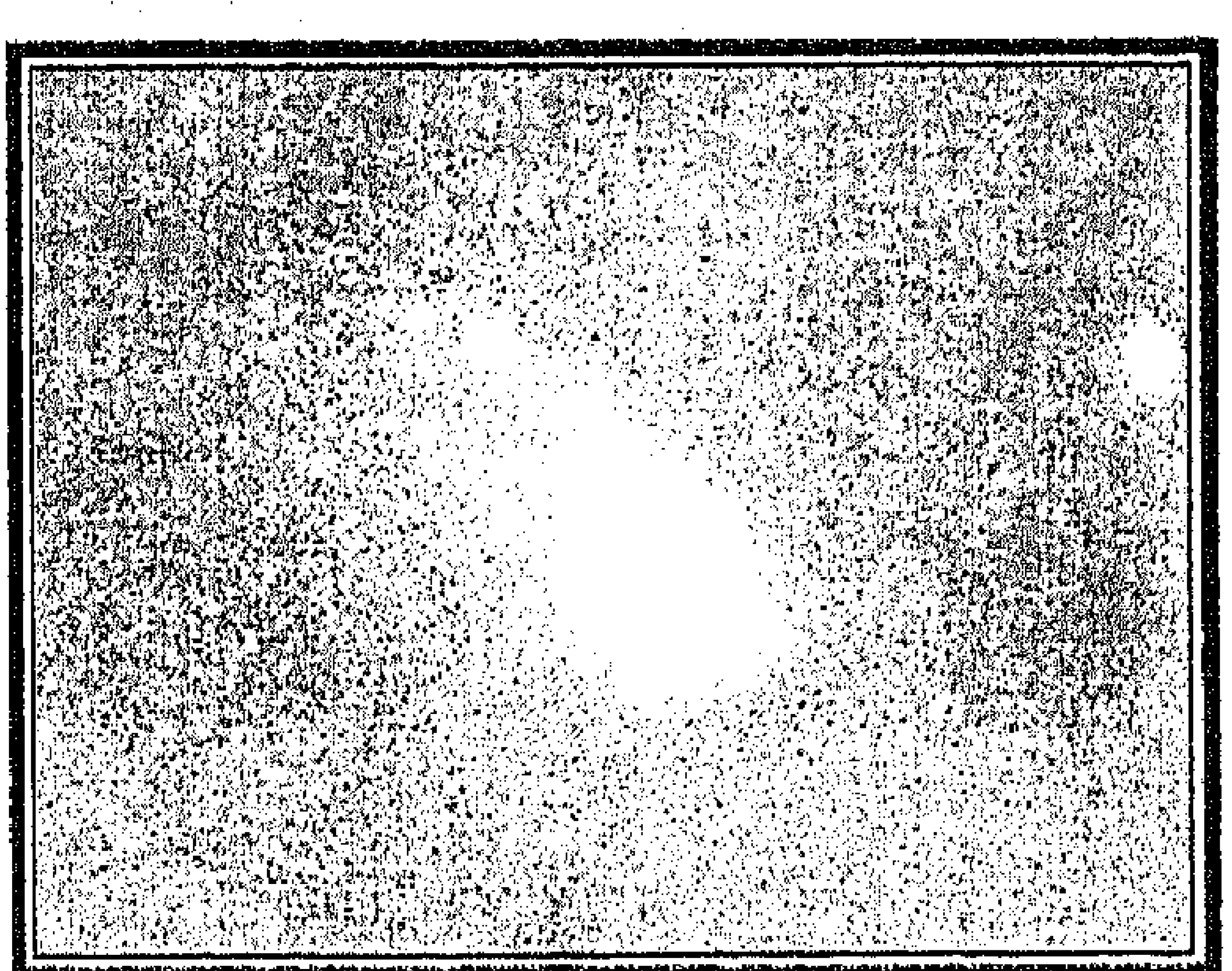
وكذا مجــرات غيــر منظمـــة الشكل (*Irregular*) (شكل ٥).



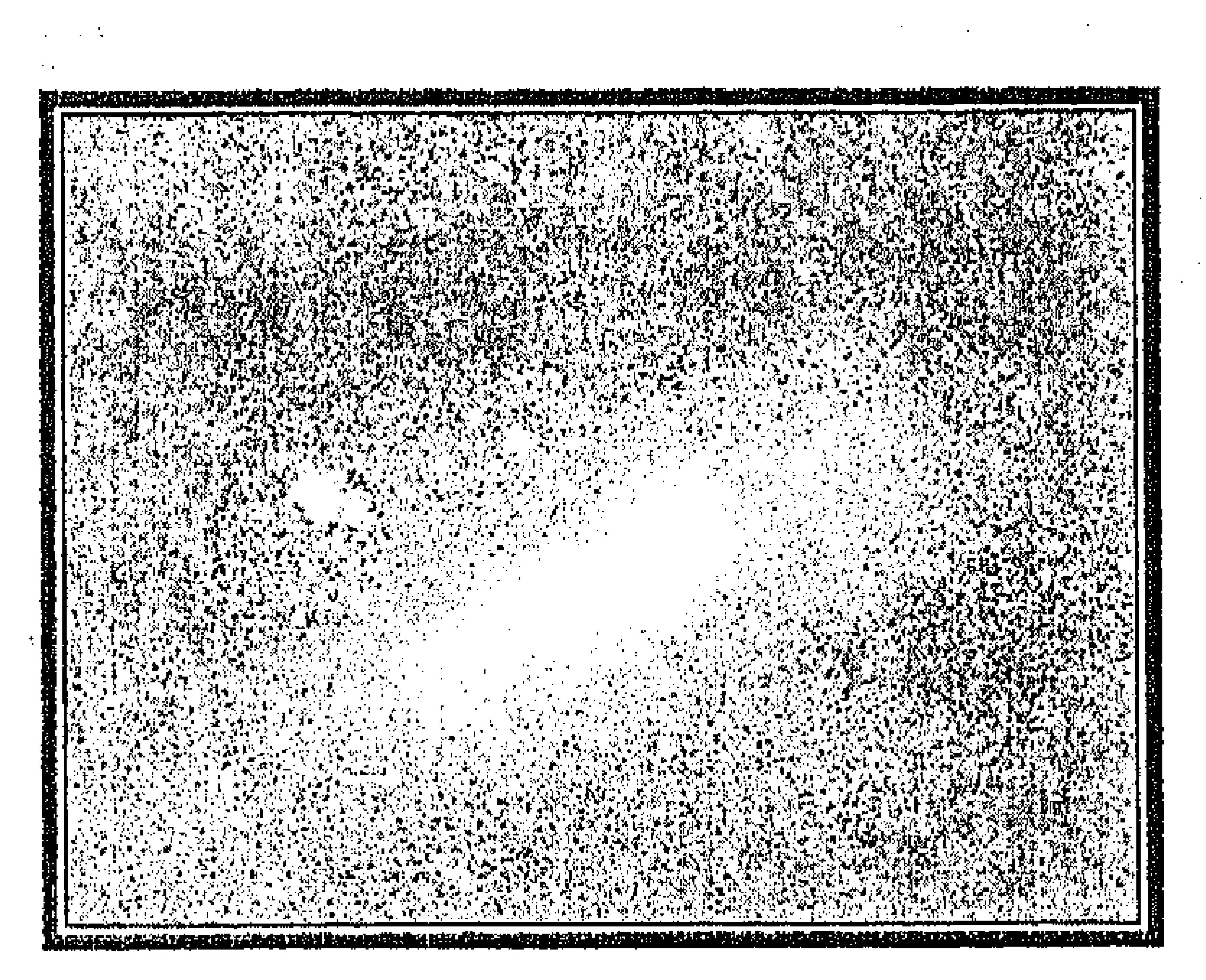
شكل (٥) مجــرة غيــر منظمـــة

٣ – التجمع المحلي للمجرات

لقد ثبت أن مجرتنا تتحكم وتسيطر على تجمع محلي من المجرات ويسمى " التجمع المجري المحلي " لمجرة طريق التبانة. ويتكون هذا التجمع تقريباً من ثلاثين مجرة معظمها صغير الحجم. ومن أكبر المجرات وألمعها في هذ التجمع هما سحابتا ماجلان الكبرى والصغرى اللتان تبعدان عن مركز مجرتنا بحوالي ١٦٠ ألف، ١٩٠ ألف سنة ضوئية على التوالي (شكل ٦ و ٧) وأقرب مجرة عملاقة فى هذا التجمع هي مجرة

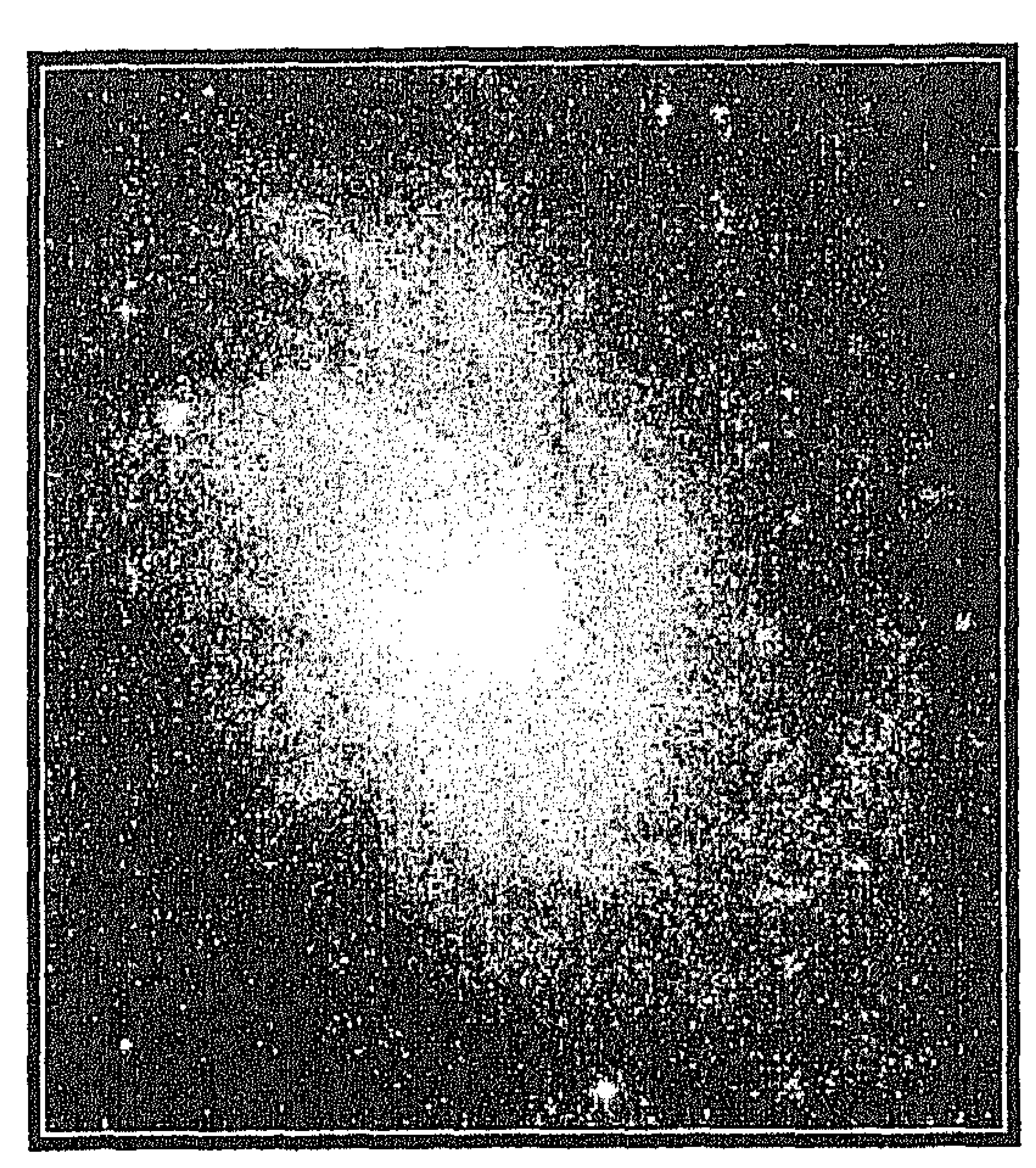


شكل (٦) سحابة ماجلان الصغرى



شكل (٧) سحابة ماجلان الكبرى

المرأة المسلسلة وتكبر مجرتنا وتساويها في شدة تألقها. وتبعد هذه المجرة عنا ٤ر٢ مليون سنة ضوئية كما سبق ذكره ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة وكذلك المجرة الحلزونية الشكل المعروفة M٣٣ (الشكل ٨) وهى ثالث أكبر المجرات في التجمع المجري، وتبعد حوالي ٦ر٢ سنة ضوئية من مجرتنا وحوالي ٧٠٠ ألف سنة ضوئية من مجرة المرأةالمسلسلة وبالرغم من أنها (M٣٣) تبلغ في شدة لمعانها حوالي خُمْس لمعان مجرتنا إلا أنها تفيض بالغيوم الجزيئية التي تتخلق فيها نجوم جديدة حديثة السن لتلألأ بلونها الأزرق.

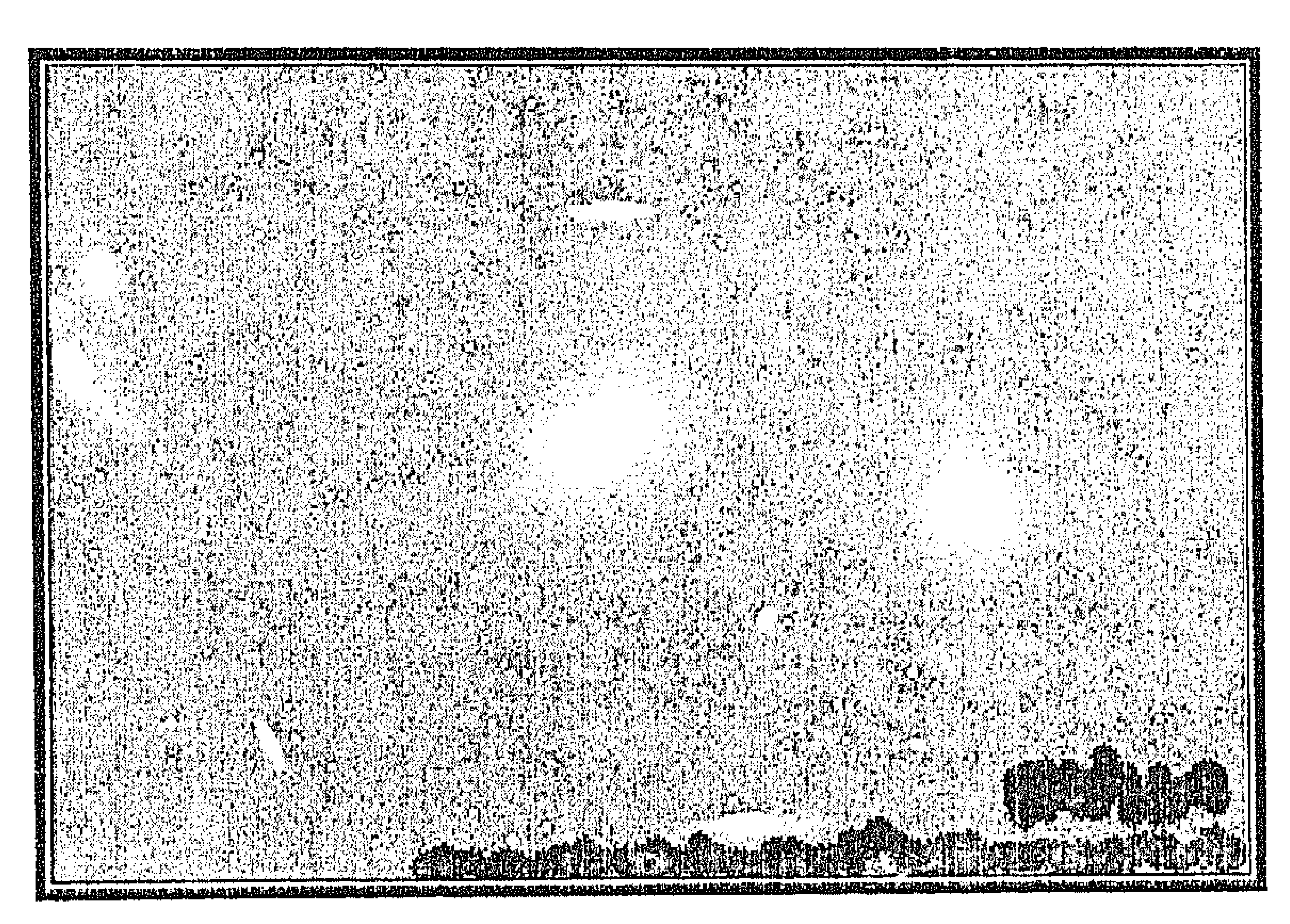


شكل (٨) المجرة M٣٣

وبخلاف التجمعات المجرية المحلية هناك :

٤ – الحشود المجرية (*Clusters of Galaxies*) :

ثبت أن غالبية المجرات تتواجد في مجموعـــات أو حشـــود، وأن أقرب حشد مجري يقع على بعد ما يقرب من خمسين مليون سنة ضـــوئية من الشمس، وهو الحشد المجري الذي يظهر في خلفية المجموعة النجمية المعروفة بإسم السنبلة. ويظهر في قلب هـــذا الحشـــد المجـــرة العملاقـــة البيضاوية الشكل المعروفة تحت $M_{٨٧}$ والتي تقوم بقذف إنفجارات مادية إلى أبعاد تصل إلى آلاف السنين الضوئية في الفضاء الكوني. ويقع مركز المجرة العملاقة $M_{٨٧}$ في قبضة ثقب أسود عملاق يصل وزنه مثل وزن الشمس والدليل على ذلك السرعة الهائلة التي تدور بهـــا المـــادة حـــول المجرة. ويشمل هذا الحشد المجري على آلاف المجرات منها البيضـــاوي والحلزوني وكذا الغير منتظم (الشكل٩).



شكل (٩) حشد مجرى

ويقع الحشد المجري السنبلة في شمال المستوى الإستوائي لمجرتنا، وعلى نفس المسافة تقريباً جنوب المستوى الإستوائي لمجرتنا يقع حشد من المجرات يسمى حشد " الفرن الكهربائي " (*Fornax*) وهو في الحقيقة أصغر من حشد السنبلة ولكنه أكثر إرتباطاً ويضم مجرة هائلة الفخامة في الكون ذات الشكل اللولبي القضيبي وتشبه شكل الحرف الإنجليزي S)) (الشكل١٠)، وتفيض ذراعاها بالغازات والأتربة والنجوم حديثة الولادة، وتبعد عن الشمس حوالي ٦. مليون سنة ضوئية.

وفي نفس إتجاه حشد السنبلة ولكن على مسافة تصل إلى أكثر من خمسة مرات مثل بعد حشد السنبلة عنا يوجد حشد مجري كبير جداً يسع في داخله كل من الحشدين المجريين السنبلة والفرن الكهربائي و كذا حشد شعر برنيقة (*Coma Borenices*) وأخيراً هناك حشود أكبر من الحشود المجرية وتسمى حشود مجرية عظمى.



شكل (١٠) حشد لولبى قضيبى

وهنا نتساءل إلى أي مدى يستمر هذا الترتيب التكويني للمجــرات ؟...
إن عمليات مسح وقياس إزاحة خطوط الطيف نحو اللون الأحمر (الإزاحة الحمراء) على مستوى القياسات الكبيرة توحي بإقتراح وجود مقياس يحيط ببضعة من الحشود العظمى وعلى هذا فإن الكون يظهر بأنه متجانس تماماً بالمفهوم الواسع، يعني أنه إذا رسمنا دائرة بقطر يضم خريطة المجــرات المحصورة داخلها، فإن عدد المجرات لا يتغير كثيراً من مكان إلى مكان آخر للراصد.

وعلى مستوى المقاييس الكبيرة أي لبضعة مئات الملايين من السنييــن الضوئية فإن الكون ليس له شكل تقريباً أو متجانس (متشابة النوع) وهكذا بالرغم من التعقيدات على مستوىالقياسات الصغيرة فإن الكون يبدو أكثر ترتيباً على مستوى المقاييس الكبيرة جداً وبسبب السهولة على هذه المستويات فإن الإستمرار في هذ سوف يساعد على التقدم لفهم أكبر لتطور الكون.

من المعلوم أن أحد المبادئ الأساسية لنظرية الكون تعتمد على مبدأ كوبر نيكوس الذي يقول بأن الأرض ليس لها مكاناً مميزاً بالنسبة للكون. وهذا يعني أن أي راصد آخر (إذا وجد) في أي مكان آخر في الكون يرى ويرصد نفس الصورة للكون الذي نرصده نحن على الأرض. وهذا المبدأ في التركيب الكوني يعرف " بالمبدأ الكوني" وهو أن الكون متساوي الخصائص في جميع الإتجاهات، كما أنه متجانس أي يظهر بنفس الشكل في جميع أماكن الرصد.

وعلى المقاييس الكبيرة فإن المجرات تظهر بسلوك تراكمي مذهل، وقد تم إكتشاف ذلك في عشرينات القرن العشرين بواسطة العالم المشهور إدوين هابل، وذلك بإستخدام أكبر المناظير الموجودة في العالم في تلك

الحقبة الزمنية (تلسكوب مونت ويلسون بكاليفورنيا قطر مرآته مائة بوصة).

وبدراسة هذه الأرصاد تحقق أن جميع المجرات تتحرك بعيداً عنا بسرعات مهولة، ومن ذلك توصل العلماء إلى حقيقة أن الكون يتمدد. وهذا يعني أن المجرات تبتعد عن الأرض بالإضافة إلى أن الإزاحة الحمراء (أي سرعة الإبتعاد) تزداد مع إزدياد أبعاد المجرات عنا. وبمعنى آخر أنه كلما كانت المجرة أبعد منا كلما زادت سرعة إبتعادها. ويمكن القول أن سرعة الإبتعاد تتناسب طردياً مع مسافة المجرة، وهذا يؤدي إلى أن الكون يتمدد بإنتظام، ومعنى ذلك أن أي راصد يشاهد نفس الصورة للكون، وهذا هو نفس مبدأ كوبر نيكوس السابق ذكره. ويمكن تمثيل هذا بمجموعة نقاط موزعة على سطح بالونة. ورغم زيادة حجم البالونة فتظل تلك النقاط ثابتة بالنسبة لبعضها من حيث المظهر. وإذا كانت جميع المجرات تبتعد عنا في الوقت الحاضر فلابد وأنها كانت في الماضي قريبة من بعضها البعض. وفي الماضي السحيق جداً كان الكون مركزاً في حالة كثيفة جداً وساخنة جداً وليس فقط المادة وإنما كذلك الفضاء والزمان.

وقد قامت النظـــرية النسبية العامة للعالم أنيشتاين بشــــرح ذلك بأن الفضاء يتمدد كلما تقدم الكون في العمر، وكانت لحظة بدايته هي لحظة الإنفجار العظيم، ومن الصعب بل من المستحيل التخيل والتصور عنما كانت الكثافة، كما أنه من غير الممكن تصوره أيضا ماذا كانت درجة الحرارة !!.

الفصل الرابع

هندسة الفضاء الكوني (*The Geometry of Space*)

من الحقائق الكونية التي تحققت بالأرصاد أن الكون يتمدد في وقتنا الحاضر، فهل نحن نعلم أو نتخيل أو نتصور عنما تكون نهاية الكون، وقدره ومصيره في المستقبل البعيد ؟؟.

هل من المقدر أن يستمر الكون في تمدده إلى الأبد ؟.. أو أن هذا التمدد يقف في وقت ما وربما تنعكس حركة الكون ويأخذ في الإنكماش ؟..

وللإجابة على هذه التساؤلات لابد لنا من الرجوع إلى النظرية العامة للنسبية ثم بعد ذلك الأرصاد الكونية. فمن حيث الوصف فالجواب بديهياً واضح، ففي الواقع يمكن تعيين معدل متوسط كثافة المادة في الكون وهى كمية يمكن تحديدها وهى كمية وحيدة ومنفردة من الممكن أن تكون مؤشراً للإجابة عن التساؤلات السابقة !!!..

فإذا كانت الكثافة عالية بمقدار كاف فإن الجاذبية – وهى القوة الأعظم في الكون التي تلعب دوراً على المقاييس الكبيرة سوف تكسب في النهاية، أي أن الجاذبية الذاتية للمادة هى التي تتغلب على تمدد الكون في آخر الأمر. وعندئذ يتوقف تمدد الكون لفترة قصيرة ثم يبدأ تدريجياً في الإنكماش في إتجاه معاكس لإتجاه التمدد.

أما البديل لهذا الحدث فإن الكثافة تكون غير كافية لإيقاف التمدد والتي تستمر في الإنخفاض إلى أن تكون هامدة في ما لا نهاية. ومن الوجهة النظرية هناك حالة فيما بين الحالتين السابقتين للكثافة الكونية وهى

ما تسمى " بالكثافة الحرجة ". وهذه الكثافة تعرف بأنها تلك الكمية التي تكون كافية بالكاد لإستمرار التمدد الكوني إلى الأبد.

وهذه الحالة الأخيرة هى ما يعتقد به أغلب الباحثين في حقل الكونيات بأنها حالة الكون في وقتنا الحاضر.

ومن المستغرب أن هذه الكثافة الحرجة الصغيرة الكمية بالنسبة للمعيار على سطح الأرض، هى فى آخر الأمر التي تشير إلى إتجاه تمدد الكون، حيث أنها تساوي ثلاث ذرات من الهيدوجين في المتر المكعب.

ومن النظرية العامة للنسبية نجد أن الجاذبية والهندسة هما شيء واحد، حيث أن الكثافة الكونية هى التي تحدد التركيب الهندسي للكون. فالكون الذى يتمدد إلى الأبد له شكل هندسي مفتوح مثل سرج الحصان. وفي حالة الكون المنكمش أو المنهار فله شكل هندسي مقفل مثل الكرة، أما الكون الذي له كثافة حـــرجة تماماُ فشكله الهندسي مسطح مـــثل صحيفة الورق.

وبمعنى آخر فإن الكثافة المتوسطة (أو الشكل الهندسي) للكون عادة يمكن التعبير عنها بدالة تسمى دالة الكثافة.

ففي حالة دالة الكثافة أصغر من الواحد الصحيح فيكون الشكل الهندسي للكون هو كون مفتوح. وإذا كانت دالة الكثافة أكبر من الواحد الصحيح يكون كوناً مقفلاً. أما إذا كانت الكثافة الحرجة تساوي الواحد الصحيح فيكون كوناً مسطحاً.

وهذا ما توصلت إليه النظرية العامة للنسبية لسلوك الكون الديناميكي، ولكنها لم تخبرنا عن أي زاحد من هذه الإحتمالات الثلاثة المذكورة أعلاه يعبر عن حال الكون الذي ننتمي إليه في الوقت الحاضر ؟!..

وللوصول إلى الإجابة فإننا في حاجة إلى أنواع مختلفة من الآراء النظرية وكذلك الأرصاد ومنها :

المادة الكونية (*The Stuff Of the Universe*)

إن إبسط تفكير هو قياس الكثافة المتوسطة للمادة في الكون بطرق مباشرة نسبياً. وذلك بعملية إحصاء عدد المجرات الموجودة في حجم معين وتكون الكثافة هى النسبة بين كتلة المجرات مقسومة على الحجم. ولكن من الحسابات وجد أن المجرات تعطي فقط ١% من قيمة الكثافة الحرجة. وفي الحقيقة أن المجرات اللامعة التي يمكن رصدها ليست هى فقط الموجودة في الكون حتى بالأرصاد بإستخدام المناظير الكبيرة.

وفي السنوات الأخيرة تبين أن هناك كميات من المادة المعتمة (*Dark Matter*) من خلال الأرصاد المختلفة. وأن أهم ما يكشف عن وجود المادة المعتمة هى قوى الجاذبية.

فمن المعروف أن جميع المكونات الكونية المستقرة هى نتيجة الإتزان بين الجاذبية وقوى أخرى مثل الناتجة من الدوران.

فمثلاً في حالة مجرة حلزونية الشكل فإن قوى جاذبية النجوم الذاتية تتعادل مع القوى الطاردة المركزية التي تنشأ من الحركة الدورانية للنجوم حول مركز المجرة. ومن الممكن قياس سرعات دوران النجوم في المجرة (وذلك بقياس مقدار الإزاحة الحمراء لخطوط الطيف) ثم بعد ذلك يمكن الحصول على مقدار القوى الطاردة المركزية. ومما سبق يتضح أنه إذا كانت كتلة المجرة جميعها متمركزة في كتلة النجوم المكونة لها، فإن قوى الجاذبية القادرة على تماسك المجرة مع بعضها تكون غير كافية للتوازن مع القوى الطاردة المركزية للمجرة.

وحيث أننا نشاهد ونرصد المجرات بأنها حالة مستقرة تماماً فهذا يشير إلى ضرورة وجود مادة في المجرة بالإضافة إلى كتل النجوم المكونة لها سواء نجوم لم نتمكن من رصدها أوغير ذلك. وهذه المادة الغير مرئية المعتمة موجودة بوجه التقريب في هالة كروية الشكل. ومن تحليل الدراسات الحديثة تبين أن هذه الهالات المعتمة من المادة تمتد إلى مناطق وراء ما هو آهل بالنجوم. كما أنه توجد هالات من المادة المعتمة حول المجرات البيضاوية وكذا حول حشود المجرات.

وببساطة لقد وجد من قياس قوى الجاذبية اللازمة للتوازن مع القوى الناتجة من تحركات المجرات في الحشود المجرية تساوي ما يقرب من ٢٠% من قيمة الكثافة الحرجة للكون، أي بمعنى آخر أنها تساوي تقريباً عشرون مرة مثل الكثافة الناتجة من النجوم اللامعة فقط.

ومن هذا نصل إلى النتيجة المهمة بأن معظم الكتلة في الحشود المجرية هى المادة المعتمة. وهل يا ترى لا يزال هناك الأكثر من هذه المادة خبيئاً غير مرئي فى الحشود المجرية ؟!..

لم يكن هناك من قبل إجابة على هذا التساؤل إلا في السنوات القليلة الماضية وذلك من القياسات المباشرة.

ففي عام ١٩٨٨ إشتركت ثلاث جامعات إنجليزية وأخرى كندية في أكبر برنامج لقياس مسافات عدد كبير من المجرات وكانت النتيجة إنشاء خريطة مجسمة ذات أبعاد ثلاثية لتوزيع المجرات حولنا. وهذه الخريطة تجيز لنا ليس فقط قياس الكثافة المتوسطة للكون كله ولكن كذلك تحديد الشكل الكوني للمنطقة.

ومن المعلوم أن كتلة المجرات المرئية على الخريطة هى التي تسبب التعاجلات (أي التسارعات) على المجرات القريبة منها، وينتج عن ذلك

إنحراف في مساراتها قليلاً عن قيمة التمدد الكلي. وهذه الإنحرافات وتسمى بالحركات الشاذة والتي تعتمد على الكثافة المتوسطة للمادة. وبمقارنة التوقعات من طريقة حركة المجرات التي يجب أن تكون نتيجة التكتلات المجرية المحسوبة- من الخريطة السابق ذكرها – مع القياسات الحقيقية للحركات الشاذة،من الممكن الوصول إلى تحديد الكثافة المتوسطة للمادة على مستوى المقاييس الكبيرة. وقد كانت النتيجة مبشـــرة لتفسير حركات المجرات، وذلك لأن الكثافة يجب أن تكون هى القيمة الحرجة مع شرط إضافي وهو أن التكتلات في توزيع المجرات يجب أن تكون متماثلة مع التكتلات في توزيع المادة المعتمة. وهذا ما لا يمكن التأكد منه بتاتاً بطريقة مباشرة لأننا لا نرى ولا نرصد إلا المجرات اللامعة وبالطبع ليست المادة المعتمة.

وإذا فرضنا وجود خريطة لتوزيع المجرات في الفضاء الكوني، فمن الممكن تحديد قوى الجاذبية الخالصة الكلية التي تؤثر على مجرتنا (درب التبانة) نتيجة لكافة المادة المحيطة حولها. ومن ذلك نصل إلى حساب سرعة حركة مجرتنا مع الأخذ في الإعتبار حقيقة أن الكون يتمدد. وفي هذه الحالة فإن سرعة الحركة المحسوبة تعتمد حينئذ على الكثافة الكونية المتوسطة للمادة، ومن المعروف أننا على علم بأن مجرة درب التبانة التي ننتمي إليها تتحرك بسرعة تساوي ستة مائه (٦٠٠كم) كيلو متراً في الثانية في إتجاه ما يعرف بحشد السنبلة المجري. وهذا يبين أنه لكي تكون المادة على الخريطة قادرة لإستنتاج مثل هذه السرعة لحركة مجرتنا فإنه يجب أن تكون الكثافة الكونية المتوسطة تساوي الكثافة الحرجة. وهذا يعني أن ٩٩% من المادة الكونية هى المادة المختبئة المعتمة.

كما أن هناك بعض المؤشرات التي تتجه إلى أن كثافة الكون في الوقت الحاضر تساوي الكثافة الحرجة، ولكننا على يقين بأن ١% من كتلة الكون هى على شكل مجرات مرئية تم رصدها حتى الآن، وهذا معناه أن ٩٩% من كتلة الكون هى في الواقع معتمة وبشكل غير مرئي وغير معلومة حتى الآن.

المادة المعتمة

كما سبق ذكره أن نظرية الإنفجار العظيم توصلت إلى تعيين الوفرة النسبية للعناصر الخفيفة مثل الأيدروجين – الهيليوم – الديوتيريوم (أي الماء الثقيل) – الليثيوم والبريليوم ذلك بكميات تعتمد على كثافة ألبرتونات والنيوترونات في وقت حدوث التركيب النووي الذي حدث قليلاً بعد بدء الإنفجار العظيم. ومن المعلوم أن كل من البروتونات والنيوترونات التي تكون الجسم المادي يُطلق عليها عادة" الباريونات" *(Baryons)* ولكي يبدأ التفاعل النووي في العمل بعد بدء الإنفجار العظيم يجب أن تكون أقصى قيمة لكثافة الباريونات حوالي ١٠% من الكثافة الحرجة. و قد تبين من القياسات الحديثة أن الكون في حالته الحاضرة له كثافة تساوي الكثافة الحرجة.

والخلاصة التي لا مفر منها هو أن تكتلات الكــون الموجــودة ليست باريونات أو مادة عادية، ولكنها على شكل ما غير عادي ودخيل.

وفي السنوات الحديثة إكتشف الفيزيائيون نظريات جديدة عن التركيب الأساسي للمادة وهناك العديد من الجسيمات الغريبة (ومازال الجدل عليها!) التي هى في الحقيقة مكونات أولية للمادة المعتمة.

إن الفكرة المقنعة هى أنه لابد أن نضع في الحسبان بأننا كائنات ذكية على الأرض ولا نشغل موقعاً متميزاً في منتصف الكون، حتى أننا لا نتكون من نفس النسيج التركيبي لمعظم الكتل الكونية وهذا ما يطلق عليه " ألإرث الكوني للجسيمات " ولكن هناك نوع معين من المادة الدخيلة يعرف تحت إسم " المادة المعتمة الباردة ". وقد بدأت هذه النظرية منذ ثمانينيات القرن العشرين ومازالت تحت التجربة. ولكن في عام ١٩٩٣ بدأ العالم بيتر كولز (*Peter Coles*) مع بعض الزملاء لنقد وتفنيد ومعارضة تعيين الكثافة الحرجة من الخريطة ذات الثلاث أبعاد التي تمت بواسطة ثلاث جامعات إنجليزية ورابعة كندية السابق ذكرها.

وقد كان هذا التناقض مبني على أن الصفات المرصودة للحشود المجرية الغنية – التي تكون جزء من المكونات الكبيرة الحجم تحتوي بجانب المجرات والمادة المعتمة كميات كبيرة من الغاز الساخن بدرجات حرارة تصل إلى مائة مليون درجة مطلقة.

وهذه الغازات الساخنة تقذف بأشعة سينية وقد تم قياسها حديثاً بواسطة القمر الصناعي المشترك (المانيا و أمريكا وإنجلترا) المعروف تحت إسم روسات (*ROSAT*) ومن قياس الكتلة الموجودة على شكل باريونات وجد أنها تساوي ١٥% أكثر مما تم تحديده بواسطة نظرية الإنفجار العظيم. هذا بالإضافة إلى الوصول أن جزء من الباريونات في الحشود المجرية لابد من وجوده وتمثيله في الكون ككل.

والخلاصة الغير المستساغة هى :

إما أن يكون الكون ليس له كثافة حرجة – أي أنه كون مفتوح وإما أن يكون هناك خطأ ما في مناقشة التركيب النووي لنظرية الإنفجار العظيم !!!...

ولكن من المؤكد وجود أحد أمرين :

الأول: إما أن التركيب النووي الناتج من الإنفجار العظيم كان معقد التركيب أكثر مما وصلنا إليه ومما سمحت به الأرصاد !!!... وما زال النقاش مستمراً في هذ الأمر.

والثاني: هل كثافة الكون لها قيمة الكثافة الحرجة أم لا ؟!!..

بجانب هذا أن التساؤل عن تحديد هوية المادة المعتمة مازال بدون جواب بالمرة حتى أيامنا هذه !!..

ولكن منذ وقت وجيز بدأت الأبحاث لتطوير الكواشف الحساسة جدا لقنص وجمع جسيمات المادة المعتمة من الهالة التي تحيط بالمجرة التى ننتمى إليها.

ومن مصادر إنتاج المادة المعتمة النجوم الميتة :

إن الدليل المباشر لدى الإنسان على الأرض هو المعلومات التي تراكمت لديه منذ العصور الأولى للحضارة عن الشمس والقمر والكواكب والنجوم التي يراها وأمكن رصدها ليلاً. وكل هذا هو الكون بالنسبة للإنسان وكان يعتقد بأن الأرض التي يعيش عليها هي مركز هذا الكون !..

وبكل تأكيد أننا معترفون بوجود الحياة على الأرض كحقيقة واقعة، مع العلم أنه حديثاً يحاول الإنسان البحث عن حياة أخرى على كوكب آخر من كواكب المجموعة الشمسية التي تسمح لها الظروف الطبيعية والبيئية هناك لنشوء حياة أخرى على أي صورة !!!..

ومن الدراسات المستفيضة عن الشمس ثبت أنها نجم متوسط ولها مجموعة شمسية تتكون من كواكب تدور حولها أقمار ومذنبات وشهب ونيازك يصل بعضها إلى الأرض وكل هذه المجموعة تدور حول الشمس.

ومن المؤكد حسب ما وصل إليه الإنسان من خلال المركبات الفضائية ومنظار هابل الفضائي بوجود مجموعات شمسية أخرى مشابهة لمجموعتنا التي نعيش على أحد كواكبها، كذلك نعرف الكثير عن دورة حياة النجوم وتطورها. ومن المعلوم أن النجوم تتخلق وتولد عندما تتصادم سحب الغاز الموجود ما بين النجوم مع الغبار تحت تأثير الجاذبية. وعندما تكون الكثافة ودرجة الحرارة في المناطق الداخلية مرتفعة بدرجة كافية فإن نوى النجوم تتحول إلى مفاعلات للإندماج النووي الحراري والناتج عنصر الإيدروجين أبسط وأعم العناصر في الكون. ثم بعد ذلك يتحول الناتج من الأيدروجين إلى الهليوم مع وجوب أن تصل درجة الحرارة حوالي ١٥ مليون درجة مطلقة. والمحصلة لهذا التحول النووي إنطلاق طاقة تؤثر بقوة فى إتجاه معاكس لقوى الجاذبية.

وعندما تتساوى وتتوازن قوى الجاذبية مع معدل التفاعل النووي يولد النجم !!.. ويتطور بعد ذلك النجم نتيجة إستهلاك الطاقة الناتجة من تحول ذرات الأيدروجين إلى ذرات الهليوم ويحدث إنكماشات وتمددات نتيجة سلسلة من التحولات النووية المختلفة.

فمثلاً نجم الشمس لديه طاقة نووية تستمر لفترة عشرة بلايين سنة تقريباً، إذا لم يحدث أي أمر مفاجئ والآن عمر الشمس ٤٫٥ بليون سنة أي في منتصف العمر تقريباً !.

وفي آخر الأمر عندما يستهلك أي نجم وكذا الشمس الوقود النووي يصل إلى نهايته المحتومة وهى الفناء. وبالنسبة للشمس فمن الممكن أن تتمدد لدرجة أن الطبقات الخارجية لها تصل إلى الأرض !.، ثم تنفصل هذه الطبقات الخارجية مثل حلقات من الغاز الساخن ويمكن مشاهدتها مثل السدم في السماء.

وتتحول نواة الشمس الداخلية (أو أي نجم آخر) إلى نجم قزم أبيض وهو عبارة عن كرة من الغاز حيث تتوازن الجاذبية مع القوى التي تعمل على الإلكترونات وتكون درجة الحرارة تقريباً ثلاث آلاف درجة مطلقة.

وحيث أنه لا تتولد طاقة فإن النجم القزم يبرد تدريجياً ويصبح قزم أسود اللون ثم يحتضر ويفنى، وتأخذ هذه العملية من التمدد والإنهيار وتحوله إلى قزم أبيض عدة ملايين السنين.

وفي حالة النجوم الأكبر من الشمس في الكتلة فإن حياتها وتطورها تنتهي بأسلوب أكثر عنفاً وأشد قسوة. وكلما زادت كتلة النجم كلما زادت الحرارة الداخلية في باطنه، وكذا كثافة المادة مما يستدعي أن يكون إستهلاك الوقود النووي أسرع. وهذا النوع من النجوم تنتهي حياته أسرع وتكون أكثر لمعاناً من الشمس. ومن الممكن أن تتحول العناصر في الكون حتى تصل إلى عنصر الحديد حسب ترتيبها في جدول العناصر الذري، ومن المعلوم أن الحديد هو أكثر العناصر الذى فيه تكون الذرات الأكثر تماسكاً مع بعضها البعض، وتنتهي حياة هذه النجوم بإنفجار هائل ويطلق عليها النجوم الجديدة الأعظم (أو السوبر نوفا) (*Super novae*). وفي اللحظات القليلة الأخيرة قبل حدوث الإنفجار تكون الضغوط الهائلة كافية لكبس البروتونات في النوى الذرية لتنتج عناصر مثل اليورانيوم الأكثر ثقلاً من الحديد، وتكون الطاقة الهائلة المنبعثة من هذه التفاعلات سبباً في لمعان إنفجار السوبر نوفا بدرجة لا يمكن تصورها. والنتيجة هي قذف العناصر الكيميائية الناتجة للإنتشار في الفضاء بين النجوم. وفي آخر الأمر تصير سحباً من الغاز والغبار ومن الممكن أن تتحول مرة أخرى لتوليد نجوم جديدة أخرى وهكذا تتكرر إلى ما شاء الله.

وبعـــد إنفجار النجـــم في بعـــض الأحيان تظـــل نواتــــــه وتصيـــر نجـــم نيوتروني *(Neutron star)* وفي النهاية قد يتحول إلى ثقب أسود (*Black Hole*) وفي هذه الثقوب السوداء تكون المادة مركزة بدرجة لا تسمح للطاقة أن تنفذ في صورة ضوء أي موجات كهرومغناطيسية لتهرب وتنتشر ويمكن رؤيتها أو رصدها ولذا فهي معتمة.

والخلاصة أن النجوم تضـئ وتتلألأ فقط بسبب أنها تتحمل التفاعلات النووية المختلفة في بطوتها، ولكنها لا يمكن أن تستمر إلى الأبد فإنها تأخذ أيضا في الفناء، وهذه النجوم الميتة تكون جزءاً من المادة المعتمة في الكون.

الفصل الخامس
العدسات التثاقلية

إن فكرة العدسات التثاقلية قد تغيرت خلال العشرين عام الماضية من إنها مجرد فكرة هندسية إلى كونها أداة وحيدة مفيدة في دراسات الطبيعة الفلكية الحديثة وعلم الكون. وعلى الرغم من أن حيود الضوء عند حافة الشمس، والتي يمكننا القول بأنها هي التجربة الوحيدة التي تؤكد فكرة العالم ألبرت أينشتاين بإنحناء الضوء تحت تأثير المجال التثاقلي في إطار نظرية النسبية العامة، ظلت مجرد فكرة في مهدها لما يقرب من نصف قرن حتى تم رصدها فلكيا أثناء رصد كسوف الشمس الكلي. ولكن في وقتنا الحالي هناك العديد من العدسات التثاقلية التى تم رصدها ومن المتوقع أن المستقبل القريب سوف يكشف لنا الكثير. ومما لا شك فيه أن العدسات التثاقلية التي تعني إنجذاب الضوء إلى المادة التثاقلية، تحوي بين طياتها العديد من الظواهر التي تجذب إليها نظر العلماء لفتح باب جديد لطريق ممتد من الدراسة، ليس هذا فحسب بل في ظهور تأثيراتها الضوئية الخداعية مثل السحر على كل من الشخص المتخصص والغير متخصص على حد سواء.

لقد فرضت العدسات التثاقلية نفسها كأسلوب حديث للرصد الفلكي نظراً لما يحدث في هذا المجال من تقدم ونماء مستمر والتي يأتينا كل بضع سنوات بالعديد من الإكتشافات الحديثة مثل أشباه النجوم المتعددة (الكوازارات)، الأقواس المضيئة العملاقة (*luminous giant arcs*)، حلقات أينشتاين، العدسات المجرية الدقيقة، والتعدس بين مجرتين وغيرها

من العديد من تلك الظواهر والتي تمثل تلسكوبات تثاقلية صنعتها الأجرام السماوية، والتي كانت مبعث لبريق من الأمل لحل مشاكل الطبيعة الفلكية وعلم الكون مثل تحديد قيمة محددة لمعامل هابل، ماهية المادة المعتمة في الكون، كذا طبيعة وحجم الكوزارات (أشباه النجوم) وغيرها من المشاكل التي وقفت أمامها وسائل الرصد التقليدية مكتوفة الأيدي عاجزة عن حلها. وسوف نحاول فيما يأتي أن نلقي الضوء على العدسات التثاقلية في مجموعة من المحاور المختلفة.

بداية العدسات التثاقلية

لقد بدأت فكرة إنحراف الضوء تحت تأثير الجاذبية (التثاقل) في الظهور عام ١٨٠٤ م. في مقال لجوهان سولدنر (*Johann Soldner*) الذي كان يعمل كفلكي ورياضي دارس لطبيعة الأرض في مرصد برلين بألمانيا. لقد أوضح في مقالته المعنونة بـ " إنحراف الشعاع الضوئي عن الخط المستقيم لحركته (إذا جذب) بواسطة جسم قريب منه ". أن الشعاع الضوئي إذا مر بحافة الشمس ينحرف بزاوية قدرها ٠,٨٤ ثانية قوسية. نامت هذه الفكرة في ثبات عميق لمدة قرن من الزمان تقريبا، ثم كان وعلى وجه التحديد عام ١٩١١ حيث نشر العالم ألبرت أينشتاين مقالته " تأثير التثاقل على إنتشار الضوء " مجددا فكر سولدنر، وقد حسب أينشتاين إنحراف الشعاع الضوئي المار بحافة الشمس فوجده ٠,٨٣ ثانية قوسية، وهي مقاربة لما حصل عليه سولدنر ولعل سبب حصوله على نفس النتيجة أنه حتى عام ١٩١١م لم تكن النظرية النسبية العامة قد صيغت بعد. وظلت فكرة إنحراف الضوء عند حافة الشمس هي إحدى شواغل العالم ألبرت أينشتاين فأرسل إلى جورج هال مدير مرصد مونت ولسن يسأله

عن أمكانية رصد أي من النجوم بالقرب من الشمس أثناء النهار موضحا له توقعاته بزاوية إنحراف الضوء المذكورة سلفا. وقد إستعدت مجموعة مونت ولسن لرصد أحد النجوم أثناء الكسوف الكلي للشمس عام ١٩١٤ بروسيا، ولكن قيام الحرب العالمية الأولى حال دون إتمام عملية الرصد وربما كان هذا لحسن حظ ألبرت أينشتاين حيث أن حساباته لزاوية إنحراف الشعاع الضوئي كانت خاطئة وذلك لأنه كما ذكرنا من قبل أن النظرية النسبية العامة لم تكن قد رأت النور بعد. وأكمل ألبرت أينشتاين نظريته العامة وكانت أولى نتائجها ما تم رصده هو أن زاوية إنحراف الضوء عند حافة الشمس قد تضاعفت وبدلا من أن تكون ٠,٨٣ ثانية قوسية صارت ١,٧٤ ثانية قوسية. وكان هذا هو المحك الإختباري الأول لنظرية النسبية العامة. وسريعا أتي الكسوف الكلي للشمس عام ١٩١٩ ويعلن أرثر أدينجتون أن نتائج ألبرت أينشتاين صحيحة وفي حدود خطأ ٢%، وذلك لعدم كفاءة القياس في ذلك الحين ولكن في الوقت الحالي فقد وصلت دقة القياسات إلي درجات عالية وأكدت صحة ما حسبه أينشتاين بدقة٠,٢%.

وغابت فكرة إنحراف الضوء في المجال التثاقلي أي العدسات التثاقلية لبضع سنوات مرة أخرى ولكن خلال تلك السنوات كانت تظهرفي بعض الأبحاث التي تحمل بعض الكلمات مدللة على وجود العدسات التثاقلية. ففي عام ١٩٢٤ أعلن كولسن عن وجود نجوم مزدوجة وهمية وكذلك وجود حالات تماثل لبعض النجوم في خلفياتها في شكل دائري. ثم أعلن أينشتاين بعد ١٢ عام أي عام ١٩٣٦ ظهور دائرة مضيئة في حالة حدوث توافق خطي بين المصدر الضوئي ومصدر العدسة التثاقلية وظهور صورتين مكبرتين إذا أبتعد قليلاً عن توافقها الخطي.

وقد سميت تلك الظاهرة فيما بعد " بحلقات أينشتاين ".

عام ١٩٣٧ أشار فريدز تزفيكي (*Fritz Zwicky*) أن المجرات أكثر ميلا لتكوين العدسات التثاقلية عن النجوم، وأن تأثيرات العدسات التثاقلية يمكن إستخدامها كتلسكوبات طبيعية.

وكما لو كان علماء ذلك العصر قد أصابهم الإحباط وعدم الثقة في العدسات التثاقلية فتركوا هذا المجال باحثين عن طريق آخر ولكن مع بداية الستينات ظهرت بعض الأبحاث النظرية المتفرقة لوضع معادلات ونظريات العدسات التثاقلية وعن كيفية إستخدام العدسات التثاقلية لتحديد معامل هابل عن طريق قياس التأخر في صورتي جسم واحد بعد سنتين مختلفتين وتبع ذلك مجموعة دراسات نظرية لدراسة ما يحدث من تشوه في حزمة ضوئية خلال مرورها في الكون ومدي تأثيرها علي الإشعاعات التثاقلية (*gravitational radiation*).

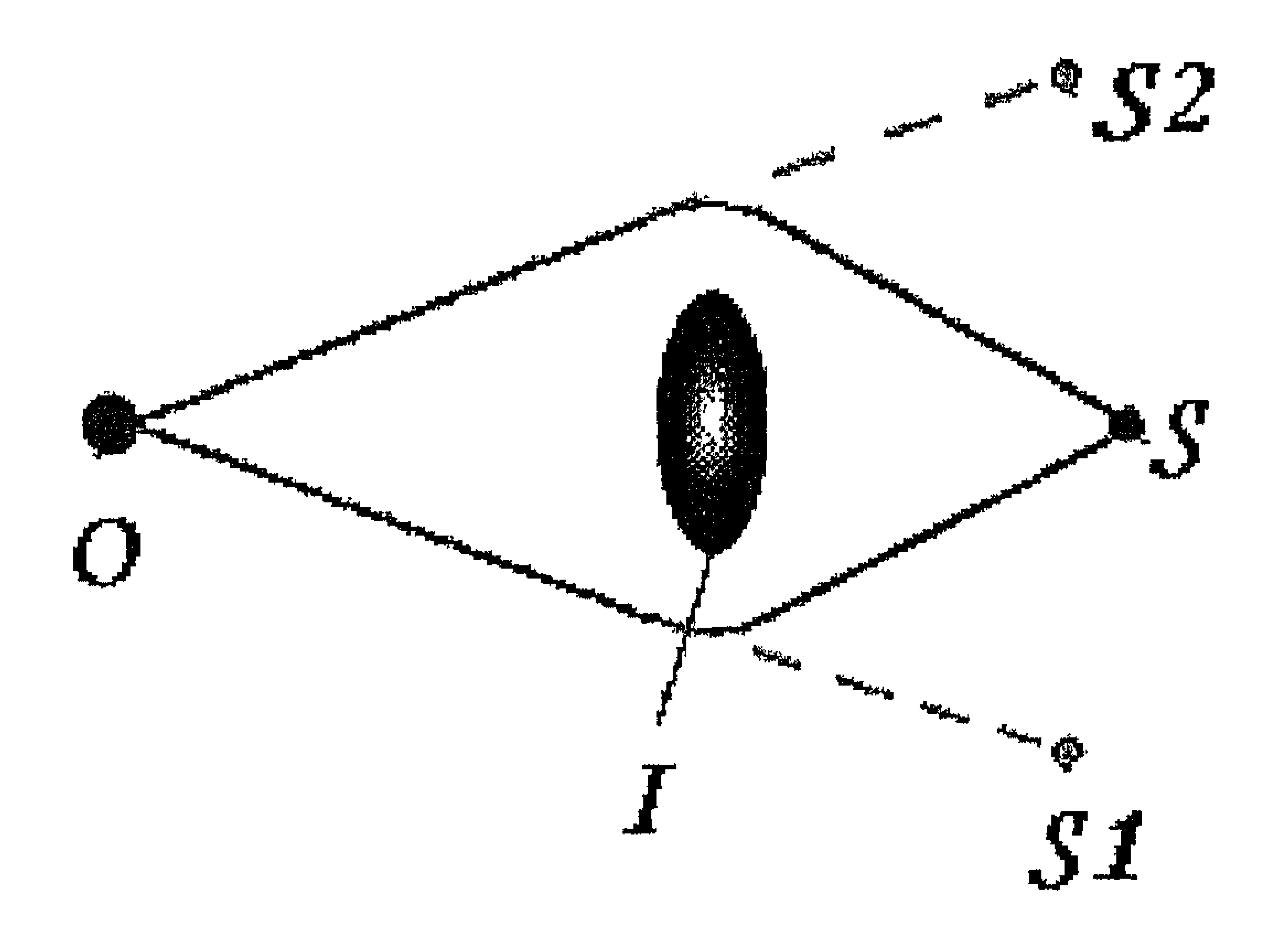
وعندما ربط العالم بارنوثي (*Barnothy*) بين إكتشاف أشباه النجوم (الكوازارات) والعدسات التثاقلية في أوائل السبعينات بدأت تعود الثقة مرة أخرى بالعدسات التثاقلية فتطورت صياغات العدسات الشفافة وتأثيرات الكون الغير متجانس علي العلاقة بين تحديد المسافة والإنحراف الطبيعي للون الأحمر.

ويعتبر عام ١٩٧٩ هو عام إكتساب العدسات التثاقلية لقوتها الحقيقية عندما إكتشف والش (Walsh)، كارسول(*Carswell*) و فيمان (*Weymann*) أن أول مزدوج من الكوزارات (*quasars*) ليس إلا تأكيدا لوجود عدسة تثاقلية حقيقية. وتوالت بعد ذلك في توال سريع الأبحاث عن النتائج المستقبلية لمثل هذا الإكتشاف العظيم والغوص في أعماق الكون وإكتشاف أسراره.

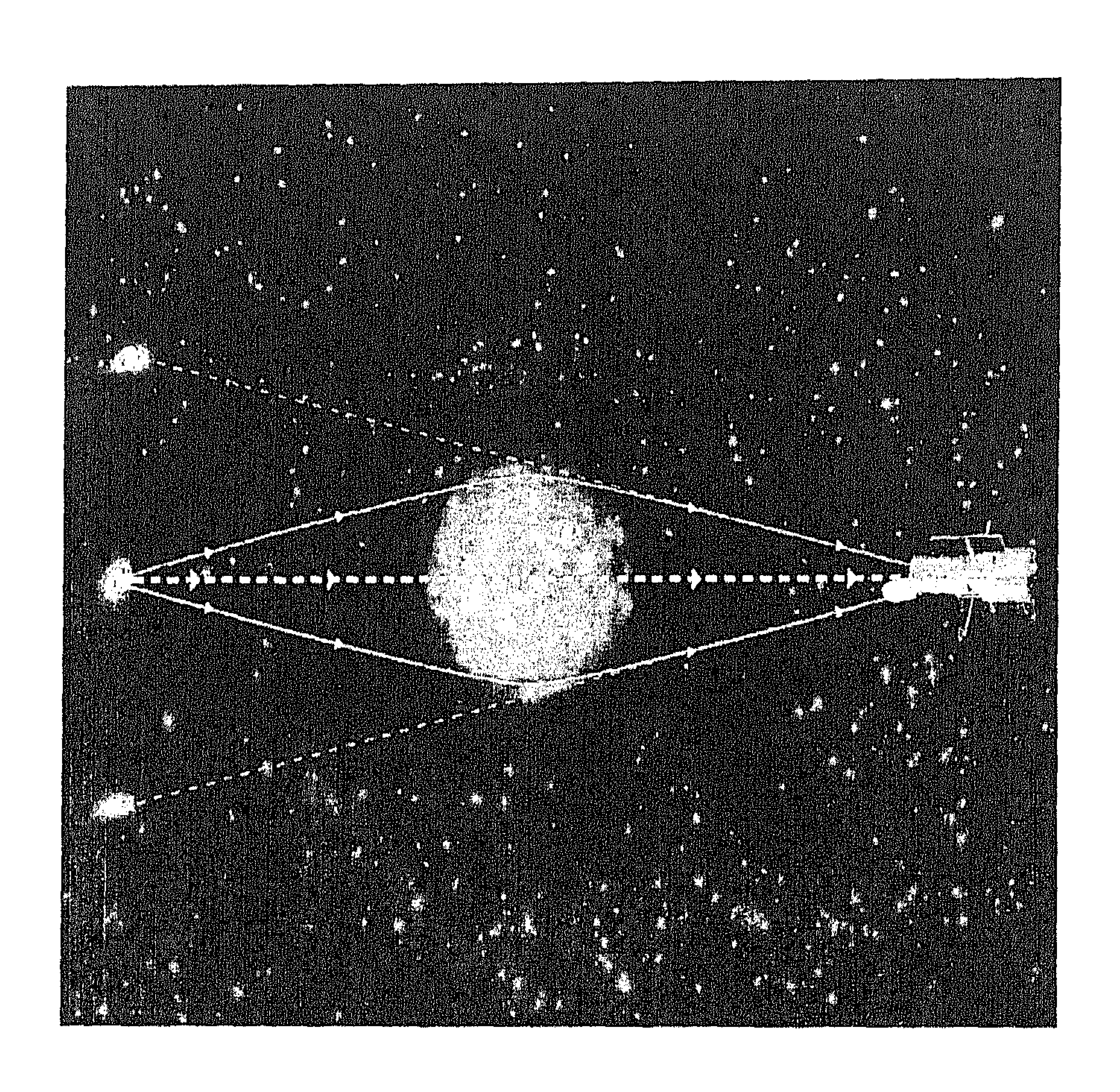
مما لاشك فيه أن المسار وحجم ومقطع عرضي في حزمة ضوئية تنتشر في الفضاء ، لابد وأن تتأثر بالمادة المحيطة بالمصدر الذي خرجت منه تلك الحزمة الضوئية والراصد لتلك الحزمة. ولذا نفترض فى معظم الدراسات التطبيقية لفكرة الحزم الضوئية وجود تأثير العدسة التثاقلية ناتجة عن عدم تجانس المادة بين المشاهد ومصدر الضوء. ويطلق عليها في العادة إسم عدسة تثاقلية رقيقة. حقيقة أن هذا لا يمكن أن يتحقق إلا إذا كانت سرعة كل من المصدر الضوئي والمشاهد وكذلك العدسة قليلة جدا بالنسبة لسرعة الضوء وكذلك الجهد التثاقلي أقل بكثير جدا من مربع سرعة الضوء. وإذا بحثنا ما بين الأجسام السماوية نجد هذين الشرطين في أغلب الأحيان متحققا بين الأجسام المعنية بالدراسة. فلو أخذنا علي سبيل المثال مجرة فإن حجمها لا يزيد عن خمسين كيلو بارسك ، والبارسك هو وحدة لقياس المسافات البعيدة ويساوي٣،٢٦ سنة ضوئية أى أنه يساوى ٣٠،٨ بليون كيلومتر والكيلوبارسك يساوى ألف بارسك أى أنه يساوي ٣٠,٨ ألف بليون كيلومتراً ، وحتي في أصعب الحالات إذا كان حشد مجري فلن يتجاوز واحد ميجا بارسك ، فإذا ما قورنت المسافة المتوسطة بين مشاهد الأرض وأقرب مجرة يمكن أن توصف كعدسة تثاقلية أي واحد ميجا بارسك وكذلك بعد تلك المجرة عن أقرب مجرة أو كوازار فنجدها أيضا في حدود واحد جيجا بارسك علي الأقل مما يحقق شروط تكون العدسة التثاقلية.وفي محاولة للفهم كيف تعمل العدسة التثاقلية سوف نفترض أن مصدر الضوء وكذلك العدسة التثاقلية ما هي إلا نقاط كما هو

موضح بالشكل الآتى فنلاحظ أن الشعاع الضوئي الصادر من المصدر S ينحرف تحت تأثيرالعدسة التثاقلية I فنحصل علي صورتين على الأقل للمصدر الضوئي وهما ($S1$، $S2$). تلك الصورتان تبدوان علي إمتداد مماسي الشعاعين الأصليين القادمين الى الراصد عند O من مصدر الضوء S ،(شكل١١) يمثل شكل توضيحى لكيفية عمل العدسة التثاقلية.

في الحالة السابقة تناولنا كيفية تكون أكثر من صورة بواسطة العدسات التثاقلية وقد ذكرنا فيما سبق أن إحدي ظواهر العدسات التثاقلية ظهور حلقات تسمى حلقات أينشتاين والحقيقة أن تفسير تلك الظاهرة الأخيرة لا يحتاج إلي مجهود وذلك فى حالة تطابق مركزي المصدر والعدسة ، أي أن المصدر الضوئي كان واقعا بكامله خلف العدسة التثاقلية فنظرا للخواص التماثلية للضوء فأن الصورة تكون شبه حلقية. وقد وجد بإستخدام معادلات رياضية ليست معقدة أن نصف قطر هذه الصورة الحلقية ما يقرب من ١,٨ ثانية قوسية في حالة أن كتلة كل من المصدر



والعدسة مساويا خمسين قدرا كتلة الشمس ، مع الأخذ في الإعتبار أنه في تلك الحالة معامل هابل يساوي ٥٠ كم / ثانية.



شكل (١١) شكل توضيحى يبين كيفية عمل العدسة التثاقلية

ولكن السؤال : هل هناك أرصاد لظواهر فلكية تؤكد وجود العدسات التثاقلية ؟

وللإجابة علي هذه السؤال سوف نتناول بعض الظواهر التي تؤكد وجود تلك العدسات التثاقلية دون الدخول في التفاصيل وإذا صح القول فإننا سوف نتناول الأنواع المختلفة للعدسات التثاقلية التي يمكن رصدها فلكيا.

الأنواع المختلفة للعدسات التثاقليةورصدها:

لقد صارت العدسات التثاقلية مادة صالحة للرصد عندما تم إكتشاف الكوازار المزدوج $Q \cdot ٩٥٧+٥٦١$، عام ١٩٧٩. ومنذ تلك اللحظة توجهت الأرصاد في محاولات متعددة لفهم ما هي العدسات التثاقلية وكيف تتصرف ؟ هل جميعها يقوم بتجميع الضوء بنفس الطريقة وهل الصور المتكونة عن كل عدسة مناظرة تكون مشابهة لتلك التي تم الحصول عليها من عدسة تثاقلية أخرى؟ ومن هنا بدأت فكرة تصنيف العدسات التثاقلية إلي أنواع مختلفة إما عن طريق مصدر تلك العدسة التثاقلية وإما عن طريق الصورة المتكونة. أما ترتيب هذا التصنيف فهو تقريبا يعكس زمن ظهور تأثيرات العدسات التثاقلية.

أولا: الكوازارات متعددة الصور

لقد حدث وبالصدفة البحتة أثناء قيام العالم " والش " سنة ١٩٧٩ بالرصد أنه وجد مزدوج من أشباه النجوم ، وتحير ذلك العالم هل هذا المزدوج شبه النجمي (الكوازر) مزدوج حقيقي ، أم هناك خطأ ما قد تسبب في تلك الإزدواجية. وبدأت الأرصاد تتكثف بهذا الإتجاه في محاولة لإثبات حقيقة تلك الظاهرة التي لاحظها " والش " عندما رصد المزدوج

الشبه نجمي (الكوازر) Q٠٩٥٧+٥٦١. وسرعان ما تأكدت حقيقة ما رصد "والش" وذلك عند رصد بعض المجرات وقد وجد نفس التأثير. وتعددت الأرصاد في هذا الأتجاه حتى وصل عدد أشباه النجوم ذات الصور المتعددة التي أمكن أخذ الأرصاد العديدة لها ، وتم وضعها في جداول فلكية تصفها وصف كامل. وحقيقة عددها قليل (بضع مئات) فقط حتي الآن خلال مدة تقترب من ٢٧ عام منذ رصد أول مزدوج ، وذلك يرجع إلي الكثير من الأسباب منها :

- أن الكوازارات نادرة الوجود والحصول عليها ليس بالأمر اليسير.
- الكوازارات التي تعمل كعدسات تثاقلية قليلة جدا.

ورغم قلة عدد الكوازارات المرصودة إلا أنها قسمت إلي مجموعة من العائلات وفقا لعدد الصور المتكونة ، فمنها ذات صورتين ومنها ذات ثلاث ومنها ذي العديد من الصور ، وقد تبدو في بعض الأحيان تلك الصور منتظمة متماثلة وفي أحيان أخرى غير متماثلة. ولكن مازال السؤال الحائر هل هي صور لإجسام متعددة ، أم هي صور لجسم واحد ؟ وكرست المجهودات الرصدية في محاولة للإجابة علي هذا السؤال وسرعان ما وجد أن الصور المتكونة لها نفس اللون الضوئي ، وبحساب المسافة لكل من الصور وجد أنها واحدة في أغلب الأحيان. كذلك عندما قام العلماء بالمقارنة بين الخطوط الطيفية للصور المتكونة فوجد أنها متماثلة وحين ذاك تاكدت الحقيقة بأنها صور لنفس الشيء لتطابق الصفات ولكن ما هو السبب لتكون هذه الصور المتطابقة في الصفات ؟ لم يستمر هذا السؤال طويلا دون إجابة ، فقد وجد أجسام تشبه صور المجرات ضعيفةالأضاءة بين تلك الصور وبقياس إنحراف خطوط أطيافها إلى اللون الأحمر وجد أنه أقل من تلك لأشباه النجوم المصورة وصورها

المتكونة مما يؤكد أن هذه المجرة أو الصورة التي تشبه صورة المجرة ما هي إلا عدسة تثاقلية. كذلك وجد أن المنحنى الضوئي للمزدوجات الشبه نجمية متماثلة تماماً إلا في جزء ضئيل من تأخر وصول الضوء من صورة عن أخرى.ورغم توافق الصور في الصفات إلا أنه في حالة إختلاف الصور في اللون قليلاً أو في الطيف اللوني فقد يعزى هذا للإمتصاص الضوئي بواسطة المجرة التي تعمل كعدسة تثاقلية. وبدأت دراسة تلك الكوازرات في إطار العدسات التثاقلية تأتي بثمارها في معرفة حقائق كونية غير معروفة من قبل. وبدأت تعكس الضوء على الزمن الكوني الذي قد يحدد معامل هابل الذي يعتبر حتي الآن من الكميات الغير محددة بعد ، كذلك بدأت في إلقاء الضوء علي طبيعة الكوازارت نفسها من حيث الكتلة والمسافة ، وهذا ينعكس بدوره علي النماذج الكونية التي سوف نتناولها فيما بعد.

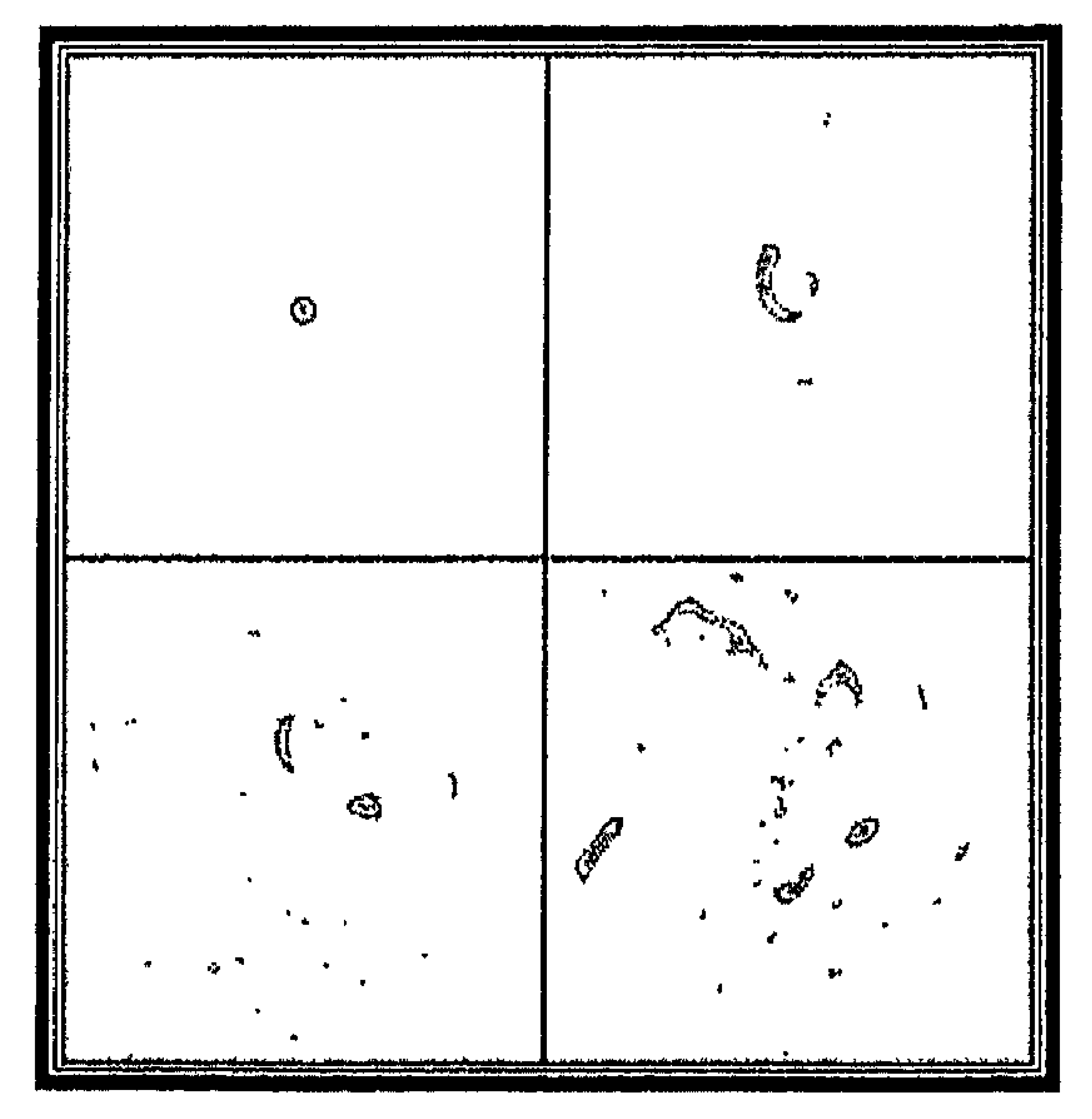
ونكتفي هنا بالقول أن دراسة الكوزارات Q٠٩٥٧+٥٦١ على وجه الخصوص أفادت في وضع نموذج للعدسات التثاقلية التي أستخدمها العالمان جروجان وناريان لوضع قيمة تقريبية لمعامل هابل ألا وهي (٦٧ ± ١٣) كم / ث / ميجا بارسك.

ثانياً: عدسات الكوازار المتناهية الصغر "*Quasar Microlensing*"

ويتكون هذا النوع من العدسات التثاقلية عندما تتشطر الحزم الضوئيةالقادمة من الكوازارات بواسطة المجرات البينية التي تقع في الطريق بينه وبين المشاهد على أن تكون درجة الأنفصال بين الخط المار بمركز المجرة وذاك المار بمركز الكوازار في حدود ثانية قوسية واحدة. وهذا يعني أن الحزمة الضوئية القادمة من هذا الكوازار تمر خلال المجرة

أو على الأقل هالتها الخارجية. وحيث أن المجرة وهالتها الخارجية تحتوي على نجوم ، وأجسام سماوية منضغطة (أقزام بنية) ومثل هذه الأجرام السماوية تعمل كعدسات تثاقلية منضغطة (*compact lens*) ، أو كعدسة متناهية الصغر (*micro lens*) وينتج عنها علي الأقل صورة واحدة إضافية للمصدر. ومما هو جدير بالذكر أن الصورة المتكونة تكون متناهية الصغر ولا تتجاوز ميكرو ثانية قوسية (أي 10^{-6} ثانية قوسية) بالتأكيد لا يمكننا تحليل الصور القادمة من تلك العدسات المتناهية الصغر.

وعلي وجه العموم هذا النوع من العدسات يكون مجموعة معقدة من التكبيرات موزعة في مستوي المصدر وتعتمد في توزيعها علي السرعة النسبية بين المصدر الضوئي والعدسة التثاقلية والمشاهد مما يؤدي إلي تغير شدة إستضاءة الكوازار مع مرور الوقت كما هو واضح في (شكل١٢).



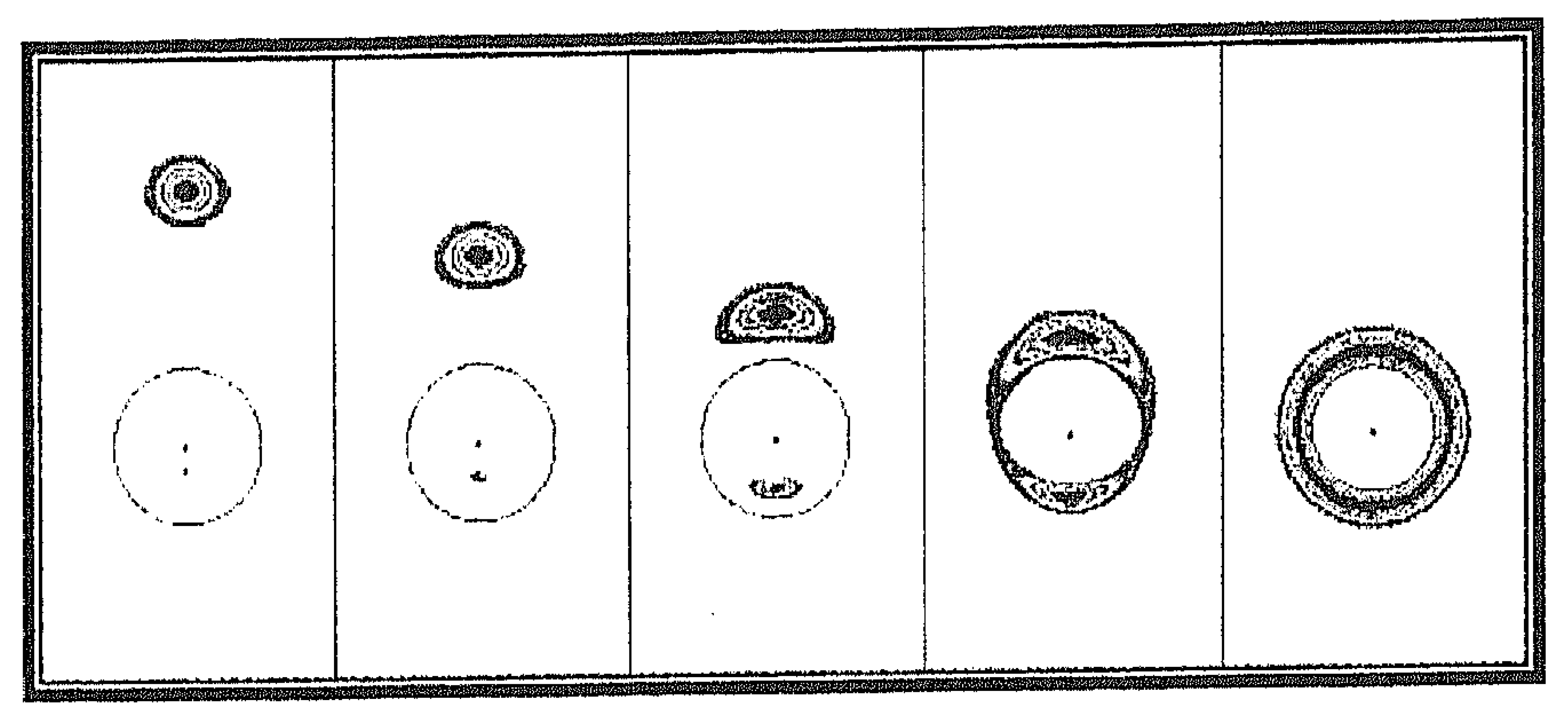
شكل (١٢) مجموعة معقدة من التكبيرات موزعة فى مستوى المصدر

ثالثا : حلقات أينشتاين " *Einstein Rings*"

لقد توقع علماء العلوم النظرية أن تتكون صورة حلقية لمصدر ضوئي يمكن تمثيله في نقطة ، وأن هذا المصدر واقعا بمجمله خلف عدسة تثاقلية أيضا ممثلة بنقطة أخرى وقد أطلق علي هذه الصورة فيما بعد " حلقة أيننشتاين " وهل من الممكن رصد تلك الحلقات من الناحية العملية؟. من المستحيل أن نجد في الكون مصدر ضوئي يمكن إعتباره نقطة مع الضوء الصادر منها وإختفاء هذه النقطة تماما بواسطة نقطة أخرى. وفي عام ١٩٨٨ تم رصد أول صورة حلقية بإستخدام تلسكوب راديوي من مصدر راديوي وكانت العدسة التثاقلية في هذه الحالة مجرة. وقد تم رصد العديد من هذه الحالات بإستخدام أجهزة الرصد التى تعمل برصد الأشعة تحت الحمراء. مؤكدة أن المصادر الضوئية المكونة لحلقات أينشتاين ليست فقط الأجسام المنضغطة بل أيضا الأجسام الممتدة التي يتراوح أقطارها فيما بين ٣٣، ٠ الي ٢ ثانية قوسية.

وعلي وجه العموم فإن حلقات أينشتاين تمدنا بالمعلومات الكافية عن العدسات التثاقلية التي تجزم بسهولة تركيبها الداخلي ، كما أنها تساعد أيضا في حساب التأخر في الرصد الطيفي لمجموعة الضوء المتكونة أي تأخر طيف صورة عن الأخرى مما يؤدي إلي حساب عمر الكون وكيفية نشأته. كما أوضحت حلقات أينشتاين أنه في بعض الحالات بإستخدام أجهزة الرصد الراديوية لا يكون هناك فارق بين الصور المتكونة وذلك لأن الفيض الراديوي أكبر بكثير جدا من الفيض الضوئي مما يؤكد وجود العدسات التثاقلية بذاتها. وهنا يتساءل المرء في هذا الموضوع لماذا لم يشاهد الراصد المنطقة المحصورة بحلقة أينشتاين ؟ والإجابة على هذا السؤال لا تحتاج لمجهود كبير ، وذلك لأن الأشعة القادمة عبر عدسة

تثاقلية واحدة تفقد تواصلها بإنحناءها. ويكون هذا مفيدا لأنه يضع حد أدنى وحد أقصى وأنصاف أقطار مراكز المجرات التي يفترض دائما تمركز الكتلة في كل منها (شكل ١٣).



شكل (١٣) مراحل تكون حلقات أينشتاين

رابعا : الأقواس الضوئية العملاقة

إن فكرة تكون الأقواس الضوئية ترجع إلى عام ١٩٣٠ عندما أشار العالم تزفيكي " *Zwicky* " إلى إستخدامات الجهد الضوئي ولكن لم يعر أحد إهتماما لتلك الفكرة بعد إكتشاف الصور المتكونة للمجرات والكوازرات نتيجة وجود عدسات تثاقلية في طريق الضوء الصادر منها إلى المشاهد.

كما سبق وأن ذكرنا أنه يمكن إنحراف الضوء الصادر من المجرات تحت تأثير مجرة أخرى تعمل كعدسة تثاقلية. ولكن ضوء أي مجرة ما هو إلا ضوء آتي من جسم أكثر تمددا عن تلك الأجسام المعروفة بالكوازرات ولذلك فمن المتوقع أن تكون الصور المتكونة أكثر تشوها عن صورة المجرة الأصلية.

وفي عام ١٩٨٦ لينــدس وبتروســيان " *Lynds & Petrosian* " إكتشفا ظاهرة جديدة من ظواهر العدسات التثاقلية وهي وجــود صــورة مستطيلة مكبرة ضعيفة في خلفية صورة المجرة الأصلية. وقد وجــد أن هذه الظاهرة تزداد في الحشود النجمية وعلى وجه الخصوص في الحشود النجمية الغنية بالمجرات والتي تمثل كتلتها تقريبا ١٠ ١٤ كتلــة الشــمس. فذلك النوع من الحشود المجرية يعمل كعدسة تثاقلية خاصة في حالة تجمع مكوناتها حول المركز.

وحيث أنه في الحقيقة لا يمكن القول عن أي حشد مجري أنه كامــل التكور أي أن مادته موزعة بإنتظام خلال كرة منتظمة ، وكما أنه لــيس بالضرورة أن يتطابق المحور البصري لكــل مــن المصــدر والعدســة والمشاهد و لذا يكون من المتوقع عدم تكون حلقات أينشتاين كاملــة بــل تتكون أجزاء من تلك الحلقات مكونــة أقــواس مضــيئه تنحنــي حــول مركزالحشد المجري.

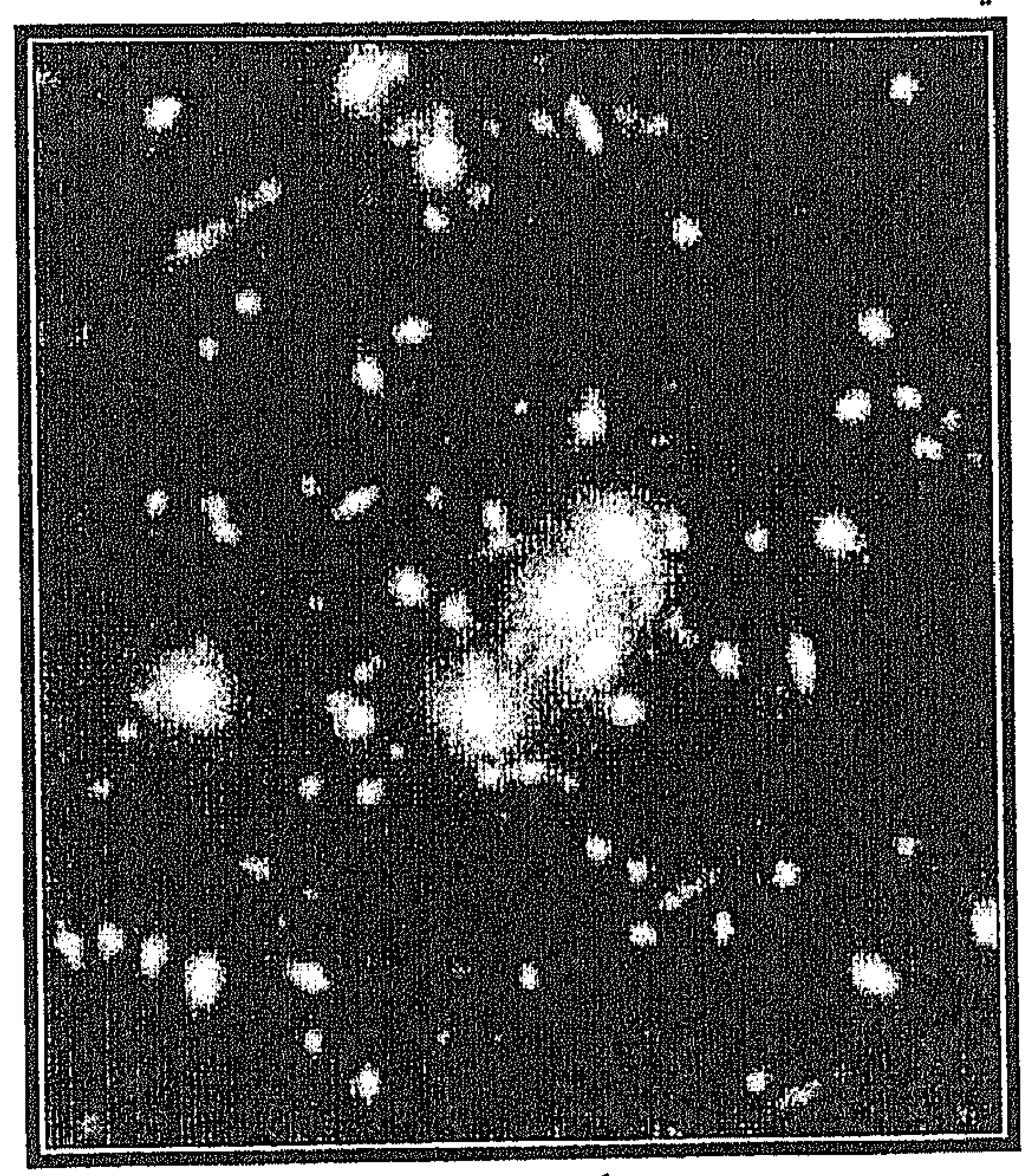
وتعتبر الأقواس الضوئية العملاقة من الأحداث الهامة علميا ، حيث أنه في أغلب الأحيان (من الناحية العملية) يكون تجميع الضوء القادم تحت تأثير عدسات تثاقلية والصادر من مجرات ضعيفة خافتة من الصعب رصــدها ومن ثم دراستها علي حدة. ولكن بواسطة تأثير العدســة التثاقليــة علــي أضوائها مكونة تلك الأقواس الضوئية التي يمكن تحليل ودراسة ضــوئها وبالتالي تعكس ملامح المجرات التي تكونت مباشرة بعد الإنفجار العظيم. وهذا يمدنا بالمعلومات عن حال الكون وكيفية تصرف المادة في مراحلها الأولي ، وكذا عن الأسباب التي أدت إلي تجمع المادة في تلك المجــرات الطاعنة جدا في العمر.

وعلي الجانب الآخر نجد أن إكتشاف الأقواس المضيئة كظاهرة تابعة للعدسات التثاقلية يعكس الضوء علي توزيع المادة والطاقة في الكون وعلي وجه الخصوص في المجرة أو الكوازار الذي يمثل العدسة المسببة لتلك الأقواس. وبذلك تكون دراسة الأقواس المضيئة بالإضافة إلى التحليل الطيفي خاصة إنحراف الضوء إلى اللون الأحمر (*Red - Shift*) من أهم الوسائل لتحديد توزيع المادة في مجرة أو حشد مجري وذلك عن طريق تحديد نصف قطر حلقة أينشتاين الذي يعتبر القوس المضيء جزء منها. وبذلك يمكن حساب توزيع المادة والطاقة عبر هذه المجرة أو الحشد النجمي ، وعلي فرض أن يكون الكون منتظم ومتجانس في جميع الجهات. وبإستخدام نفس الفكرة يمكن حساب توزيع الماده والطاقة في الكون .

وفي الواقع إذا وضعت نماذج جيدة للعدسات التثاقلية أكثر دقة من النماذج الحالية والتي تتيح توزيع جيد لمادة المجرات المضيئة أي نماذج صالحة لتفسير العدسات التثاقلية المتكونة من المجرات المضيئة كما تعالج العدسات التثاقلية المتكونة من المادة المعتمة علي حد سواء لأمدتنا تلك النماذج بمعلومات دقيقة عن توزيع المادة كونيا. حقيقة لا يمكننا إهمال الأرصاد المأخوذة بواسطة أشعة إكس في هذا المجال ولكن لا يمكن إنكار دور العدسات التثاقلية أيضا رغما أنه مازالت هناك إختلافات في النتائج بين الطرق المختلفة سواء بإستخدام أشعة إكس أو فكرة العدسات التثاقلية ، إلا أنه في جميع الأحوال النتائج جيدة.

وعلي وجه العموم نستخلص مما سبق أن تحليل النتائج المتاحة عن الأقواس الضوئية العملاقة في الحشود المجرية يشير إلى السبب الأساسي لتكونها هي المادة المعتمة وبالتالي يمكن القول أن المادة المعتمة تتبع تقريبا نفس الأسلوب لتوزيع المادة المضيئة وعلي وجه الخصوص عند

مراكز الحشود المجرية. أي أن الكثافة في مراكز الحشود المجرية ينبغي أن تكون كبيرة وكذلك أنصاف أقطار الأقواس المتكونـــة متناســبة مــع المسافة إلى مراكز تلك الحشود وبالتالي يعطينا المعلومات الكافيــة عــن نصف قطر الجزء المركزي من الحشد المجري والمناطق التي تتســطح عندها المادة نحو المركز وفي الصورة المبينة بعض المجرات والحشــود المجرية التي يتضح بها الأقواس المضيئة (في شكل ١٤). مؤكدة لفكــرة تلسكوب زفيكي.



شكل (١٤) الأقواس الضوئية العملاقة

لقد فتحت الأقواس المضيئة باب جديد لتطبيقات العدسات التثاقلية المتكونة بواسطة الحشود المجرية لأنها خلقت فرعا جديد دالةً بوجودها عن الأماكن التي تتكون فيها النجوم في المجرات.

وفي حوالي نهاية التسعينات زودتنا تلك الأقواس المضيئة العملاقة بأرصاد عن أبعد مجرة في الكون وكانت ضمن أعضاء حشد نجمـــي معـــروف يسمى CL ١٣٥٨+٦٢ وذلك بواسطة تلسكوب هابل الفضائي.
ومازالت الأقواس الضوئية العملاقة التي تعتبر واحدة من ظواهر العدسات التثاقلية تأتينا بالجديد وستمدنا بالعديد من النتائج عن أسرار الكون العجيب وذلك كلما تطورت تكنولوجيا الرصد والتصوير وكذلك تكنولوجيا تحليـــل المعلومات ودقتها بزيادة تقنيات عالم الكمبيوتر وزيادة إمكانياتها المذهلة.

العدسات التثاقلية الضعيفة (الإحصائية)

لقد ذكرنا فيما قبل وجود العدسات التثاقلية القوية وتلك العدســـات التي تتميز بقدرة تكبيرها العالية بالإضافة إلى تعـــدد الصـــور المتكونـــة للمصدر الضوئي في نفس مستوي صورة المصدر الرئيسي.
كما أن تلك الظاهرة نادرة الحدوث وعلي الجانب الآخر أي علي النقيض من هذا نجد أن هناك عدسات تثاقلية ضعيفة تسبب الإنحراف الضـــوئي الضعيف لهذه العدسات التثاقلية لا يمكن قياسها ولكـــن يمكـــن تقـــديرها إحصائيا أي بعدد كبير من القياسات وأخذ متوسطات لها. ومـــن الناحيـــة العملية فإن العدسات التثاقلية الضعيفة هي الأكثر شيوعا. وتبدو تـــأثيرات العدسات التثاقلية الضعيفة كتشوهات في شكل الأجسام الكونية أو قلة فـــي شدة إستضاءة هذه الأجسام وربما تظهر أيضا في تغيير وضـــع الجســـم السماوي عن موضعه الطبيعي، ولكن الظاهرة الأخيرة لا يمكن الجزم بها بدقة لأنه لا أحد يعلم الموضع الحقيقي لهذا الجسم الكوني ولا يستطيع أن ينطلق إنسان إلى الفضاء الخارجي في محاولة لتحديد موضعه، في حين أن الخاصيتين الأولتين يمكن تعينهما وذلك عن طريق دراســـة توزيـــع

المادة في الوسط المحيط بها. وعلي قدر فائدة هاتين الظاهرتين الأخيرتين إلا أنهما مصدر حيرة للفلكيين حيث تؤثر وبشـدة علـي تحديـد قيمـة المعاملات الكونية المختلفة مثل معامل تمدده ، وكثافة المادة به ، ومعامل تسارع المادة خلاله وغيرها من المعاملات العامة التي تصف الكون الذي نحن فيه كجزء منه. وبإكتشاف أجهزة الرصد الحديثة مثل ذلك النوع من الكاميرات والتي تسمي CCD كاميرا (يطلـق عليهـا أجهـزة الشـحن المزدوج)، والتي أُتاحت الفرصة لرصد تأثيرات العدسات التثاقلية الضعيفة وزادت من دقة التفاصيل الناتجة عن تلك العدسات. وقد لوحظ من تلـك الوسائل المتقدمة في الرصد أن زاوية ميل المحور الأطول لحشد مجـري بالنسبة للمحور القطري لذلك الحشد متماثل، كما لو كان مماسـا للحشـد المجري عنها عن المحور القطري. ومن هنا أمكن إستخدام تلك الزاويـة لحسابات أدق لتوزيع الكتلة في ذلك الحشد المجري. وليسـت تلـك هـي الفائدة الوحيدة لتلك العدسات التثاقلية الضعيفة، بل أنها وضعت الشروط لتوزيع المجرات الضعيفة و تكون العدسات بين مجرتين تبادلياً، و حدوث العدسات في الهالات المحيطة بالمجرات في الحشود المجرية، و تأثيرات التركيبات الضخمة في الكون وأماكن تمركز المادة المعتمة. وكذلك تمدنا بالمعلومات عن الموجات الكونية قصيرة المدى الموجودة فـي الخلفيـة الكونية. حقاً أ ن هذا النوع من العدسات التثاقليـة المسـماة بالعدسـات التثاقليةالضعيفة والتى تمدنا بمعلومات كونية قوية تستحق ما حظي به من دراسات نظرية وعملية ورصدية.

توقعات كونية عن العدسات التثاقلية القوية

مما هو جدير با لذكر أن العدسات التثاقليـة يمكـن إسـتخدامها بطريقتين مختلفتين لدراسة المعاملات الكونية المختلفة، الأولى بدراسـة

العدسات التثاقلية بتفصيل وتدقيق ليمدنا بكل المعاملات أو على الأقل العدد الأعظم من المعاملات التي يمكن رصدها مثل موقع الصورة المتكونة وشدة الإستضاءة والشكل و توزيع المادة والضوء لتلك العدسات....وغيرها من تلك المعاملات مع عمل نماذج أكثر دقة لكل من العدسة التثاقلية والمصدر الضوئي(الجسم الكوني) على حد سواء.هذه الطريقة تساعد أساسا في تحديد كمية المادة المعتمة في العدسة التثاقلية وربما تمكن العلماء من تحديد قيمة معامل هابل ليصير فيما بعد ثابت. فإن تحديد هذا المعامل تحديداً دقيقاً سيُمكن علماء الفلك من تحديد المسافات إلى المجرات الخارجية والتي ما زالت حتى الآن إحدى المشاكل الفلكية التى تواجه العلماء منذ ٧٠ عاماً. أما الطريقة الثانية للوصول إلى المعلومات عن طريق العدسات التثاقلية فهي الطريقة التي تتسم بالناحية الإحصائية وهي التي تحدد عدد أو نسبة تكون أشباه النجوم (الكوازارات) متعددة الصور تحت تأثير العدسات التثاقلية والتي تمكن من تحديد المسافات التي تفصل بين تلك الأجسام وكذلك إنحرافات أطيافها إلى اللون الأحمر. هذه الطريقة تمدنا بالمعلومات الكافية عن الثابت الكوني للكثافة.ولكن ماذا ينبغي أن نعمله لكي نحصل على النتائج المرجوة من هذه الطريقة الإحصائية ؟ لا يخفى على القاريء أنه لابد لنا أولاً من دراسة منظمة تتناول العديد من تلك الأجسام (الكوازارات) مع تحديد الأنظمة التي تصلح كعدسات تثاقلية فيما بينها. كما تستلزم تلك الدراسة أيضا رصد زوايا الإنحراف بواسطة تلك العدسات بصفة شبه منتظمة ثم تحدد قيمة الثابت الكوني إحصائيا وبعدها تقارن تلك النتائج بتلك النتائج النظرية المستمدة من النماذج الكونية.ولكن كما ذكرنا من قبل أن عدد الكوازارات محدود ويمكن أعتبارها من الشيء النادر في الكون مما يؤدي

إلى صعوبة إستخدام الطريقة الإحصائية لتحقيق مأربها. ولكن المنــاظير الردايوية قد أمدتنا بالكثير من المعلومات عن هذه الجسميات وقد وصــل عددها الآن بضع العشرات من الآلاف. ومن الشيق أن عدداً منها يعمــل كعدسات تثاقلية وحيث أن المسافة الفاصلة بينهما صغيرة جدا فــلا تتــيح مجالا لأي مادة معتمة أو مجرة لتتداخل معها. وبقى سؤال يحتــاج إلــى إجابة في هذا الصدد لماذا نستخدم هذا النوع من العدسات التثاقلية علــي وجه الخصوص لتحديد المعامل الكوني للكثافة ؟. أنه من المعتقــد زيــادة عددالصور المتكونة مرتبطا ارتباط وثيقا بزيادة الثابت الكوني لأن نصف القطر الزاوي يعتمد بشدة علي النموذج الكوني المستخدم للدراسة كما أن إحتمال تكون الصور المتعددة تعتمد أساسا علي تلك المسافة الزاوية.

وفي النهاية يمكننا القول بأن تتابع دراسة العدسات التثاقلية لدراسة الثابت الكوني تستلزم الدراسة المتكررة والمتتابعة سواء عــن طريــق أجهــزة الرصد الضوئي أو تلك إلتي تستخدم المناظير الراديوية والربط بينهمــا. ولكن المشكلة ستظل قائمة حيث أن عدد تلك العدسات متعــددة الصــورة مازالت قليلة بل نادرة.

كما أن دراسة المادة المنضغطة في الكون بدءا من دراسة الأجسام الدقيقة إلى الأجسام الفلكية الضخمة لا تتجاوز نسبة مئوية ضئيلة جدا. وقد وضُع حاليا حداً معين للثابت الكوني للكثافة وهو ٠,٦٦ ولا يمكن تجاوزه مــع إفتراض أن الكون مستوي. ولكن السؤال مازال بلا إجابة هل الكون حقــا مستوي أم مفتوح أم مغلق ؟

العدسات المجرية الدقيقة

لقد ظلت فكرة أن الهالات المحيطة بالمجرات تحتوي علي مـــادة معتمة لأكثر من حقبتين من الزمان ، ولقد أفترض أن هناك العديـــد مـــن الجسيمات والأشياء تكون تلك المادة المعتمة. وقد قسمت تلك المادة إلـــى نوعين من الجسيمات جسيمات أولية دقيقة وأجسام فلكية كبيرة.

وقد تم إعتبار الأقزام البنية التي تعادل كتلتها ٠,٠٨ كتلة الشـــمس هـــي مخازن لتلك المادة المعتمة لأن درجة الحرارة في مركزها غيـــر كـــاف لبداية إشتعال الهيليوم. ولكن هل هذه الأقزام البنية موجوده في الطبيعة أم لا ؟ مازال أيضا سؤالا بلا إجابة.

وفي عام ١٩٨٦ إقترح العالم باكزينســـكي " *Paczynski* " طريقـــة لإختبار وجود هذه الأقزام البنية في الفراغات المحتواه في مجرة طريـــق التبانة (*Milky Way*) أم لا. وأدى ذلك الإختبار إلى توقعـــات وليســـت تأكيدات بوجود هذه المادة المعتمة !! ولكن الإنسان بالطبيعة لا يصدق إلا ما يري فإن هناك عديد من الراصدين الفلكيين الذين تابعوا بشغف شـــديد شدة إستضاءة النجـــوم فـــي إحـــدى جيراننـــا وهـــي ســـحابة مجـــلان (*Magellanic cloud*) فوجد أن شدة الإستضاءة لعدد من هذه النجـــوم تتلألأ في زيادة ونقصان ، وقد يرجع هذا إلى واحدة من هذه الأجسام ذات المادة المعتمة المنضغطة التي قد تعبر أمام النجم فتجمع ضوءه فتزيد من لمعانه. ولكن المشكلة تتمركز في ضئالة إحتمال حدوث مثل هذا المـــرور العجيب فقد يمكن القول بأن إحتمال حدوث مثل هذه الظـــاهرة هـــو ٣٣، $\times 10^{-6}$ ، ولذلك يمكن القول أنه من المستحيل تحديد كتلة عدسة تثاقليـــة واحدة وهي مستقلة من هذه العدسات الدقيقة كما أن فترة حدوث مثل هـــذا النوع من العدسات الدقيقة تتحدد بكتلة العدسة وسرعة كل مـــن العدســـة

والمصدر ، كذلك المسافة بين العدسة والمصدر وكل هذه الكميات الغير محددة. إذاً لابد من وضع نموذج يمكن تثبيت معاملين منها لكي تعطينا المعامل الثالث وهذا لا يمكن حدوثه إلا عن طريق برامج تضع الإحتمالات المختلفة لمتغيرات ويمكن بواسطتها والمقارنة بالأرصاد توقع كتلة وكثافة ذلك النوع من العدسات. وقد تبنت العديد من المجموعات البحثية تلك الدراسة بإستفاضة ، وكل مجموعة بدأت في النظر إلى هذا النوع من العدسات من وجهة نظر مختلفة عن الأخرى. ولكن بإعادة النظر مرة أخرى في السحابة المجلانية نستطيع القول أن عدد العدسات التثاقلية الدقيقة أقل كثيرا مما هو متوقع كذلك تلك الفراغات الموجودة في طريق التبانة لا يمكن الجزم بأن مصدرها هي تلك الأجسام المنضغطة المسماة بالمادة المعتمة المتجمعة في الأقزام البنية ولكن الأرصاد الضوئية الحديثة إستطاعت أن تقول أن ٥٠ % فقط من الهالات الفراغية في طريق التبانة مصدرها تلك الأجسام المنضغطة التي لها كتلة تعادل نصف كتلة الشمس ، وتلك النتيجة غير موثوق بها حيث أنها كانت ثمرة تحليل ثمانية عدسات تثاقلية دقيقة فقط ، ولا يوجد شيء يؤكد أن هذه الأرصاد الثمانية صحيحة. ولكن علي وجه العموم لقد وضعت العدسات التثاقلية الدقيقة نفسها في أحد الطرق الأساسية لدراسة تركيب طريق التبانة. كما أنها بالتأكيد تحمل بين طياتها في المستقبل القريب العديد من الطرق لدراسة النجوم المزدوجة. كما سوف تلقي الضوء علي الكواكب المحيطة بالنجوم الأخرى وذلك بإمتداد هذا النوع من الدراسة لدراسة العدسات المزدوجة التي سوف تتوقع وجود كواكب أخرى خارج مجموعتنا الشمسية حول نجوم أخرى وهي ما تسمى حاليا بالكواكب الخارجية.

ومجمل القول

أن العدسات التثاقلية هو مجال خاص متميز في الفلك وعلم الكون من مفهوم حدوثه مع ما يرافقها من ظواهر مثل الصور المتعددة ، التأخر الزمني لهذه الصور ، حلقات أينشتاين ، العدسات الدقيقة الناتجة من المجرات وأشباه النجوم وكذلك العدسات التثاقلية الضعيفة ، وكان جميعها متوقع حدوثها قبل رصدها وإكتشافها ، وهذا يضيف توقعات جديدة في العلم الحديث حيث هناك العديد من مشاكل الفيزياء الفلكية معقدة جدا. حيث أن فكرة العدسات التثاقلية هي فكرة هندسية بسيطة تتيح العديد من التوقعات في الكم والكيف لدراسة الكون. وأن إمتداد الفكر في هذا المجال يمكننا توقع العديد من التطبيقات التي سوف تستخدم فيها العدسات التثاقلية. ومما لا شك فيه أنه في أي وقت قريب جدا سوف يتمكن العلماء من قياس التأخر الزمني في الصور المتعددة لأشباه النجوم. وفي حالة تطور النماذج الموضوعة للعدسات التثاقلية والنماذج الكونية المستخدمة لأمكن تحديد معامل هابل لدرجة عالية من الدقة.

كذلك يمكن القول أن دراسة المسافات الفاصلة بين الصور المتكونة لأشباه النجوم وكذلك التوزيع الطيفي لتلك الصور المتكونة سوف تكون المحك للمفاضلة بين النماذج الكونية المختلفة وبالتالي النظريات التي تأسست عليها تلك النماذج.

كذلك فإن عمل مسح للسماء مثل المسح الرقمي لسلون (*Sloan digital sky survey*) سوف يؤدي إلى إكتشاف العديد من أشباه النجوم الناتجة عن ظاهرة العدسات التثاقلية والتي سوف تساعد في وضع الشروط الواجب توافرها لكي يعمل نظام معين من المجرات أو الحشود النجمية كعدسات تثاقلية. أن إكتشاف العديد من الإمكانيات الرصدية في العصر

الحديث سوف يفتح نافذة جديدة في مختلف الأطوال الموجية والتي سوف يكون لها شأن عظيم في دراسة الأقواس الضوئية.

وسوف تعطينا العدسات التثاقلية المتكونة من أشباه النجوم العديد من المعلومات عن تركيب تلك الكوازارات و مادة تكونها وعن الفضاء الموجود فيما بينها. وبإستخدام تلسكوبات أشعة إكس ذات طاقة التحليل والفصل العالية يمكن الحصول علي منحني ضوئي دقيق ومنه يمكن رسم خريطة تركيبية لأشباه النجوم محددا عليها البقع الساخنة (*hot spots*).

ففي القريب العاجل سيختفي الشك في العديد من النتائج التي أمكن التوصل إليها عن طريق تجارب العدسات التثاقلية الدقيقة وتعطينا نتائج أكثر دقة عن المركبات المعدنية للنجوم أو علي الأقل سوف تمدنا بتحليل دقيق لأسطح النجوم ودراسة التغير في شدة الإستضاءة من المركز إلى الحافة. بالإضافة إلى أنها سوف تصير طريقة ممتازة لدراسة التركيب الداخلي لطريق التبانة كما سوف تمدنا بالمعلومات الكافية عن عدد النجوم المزدوجة الموجودة علي بعد معين وبزيادة حساسية الأجهزة يمكن بإستخدام العدسات التثاقلية لدراسة النجوم المزدوجة ذات الوفرة الكبيرة في مركباتها والتي سوف تقود بالتبعية إلى إكتشاف الكواكب التي تدور حول تلك النجوم والتي تبعد عنها بعدد قليل من الكيلو بارسك (الكيلو بارسك هو وحدة قياس المسافات البعيدة جدا). مما لاشك فيه أن إستخدام العدسات التثاقلية الدقيقة سوف تساعد في دقة تحديد مواقع النجوم.

وبين الحين والآخر توالينا العدسات التثاقلية عن مدى إنتشار المادة المعتمة المنضغطة خلال طريق التبانة. ليس هذا فحسب بل أيضا ستوضح لنا ماذا يحدث في مجرة الأندروميدا والمجرات الأخرى المحيطة وسوف تعطينا صورة ثلاثية الأبعاد عن توزيع المادة في هالاتها المختلفة.

أن العدسات الضعيفة لا تستخدم فقط لمعرفة المجرات ذات الكتل العالية أو الحشود المجرية فقط بل ستتناول كل التركيبات الكونية فيما بين تلك المجرات وسوف تعكس بدورها توزيع المادة في الكون كله مما يفيد في دراسة تركيب وتكوين وتطور الكون.

أيضا يمكننا القول بأن هناك تطبيق آخر يمكن أن يكون موضع دراسة ألا وهو وجود الثقوب السوداء في مراكز المجرات ومدى تأثيرها على المصادر الأخرى القريبة من مركز المجرة إذا كان هناك فعلاً ثقوب سوداء!!!

وسوف يأتينا الجيل التالي من العدسات التثاقلية ليرسم لنا خريطة دقيقة عن كيفية وإنتشار الخلفية الكونية للموجات الميكروويفية (قصيرة الموجة) وما هي أفضل الوسائل لرصدها لتعكس لنا مدى تأثرها بتلك العدسات التثاقلية.

في النهاية نقول أن كل شيء في السماء يتاثر ولو حتى بقدر ضئيل بواسطة قوي العدسات التثاقلية. وإذا جاز لنا أن نسميها العدسات التثاقلية الفوق ضعيفة بمعنى أن أي خط رؤية حتى لو كان قصير فسوف يتاثر بهذا النوع من التأثيرات ، و حينما تأتينا التكنولوجيا الحديثة بأجهزة قياس دقيقة تستطيع أن تقيس الإنحرافات الضوئية الدقيقة جداً ، فحين ذاك تكون العدسات التثاقلية هي الآداة المسيطرة على أغلب الأرصاد الفلكية والتي سوف تمدنا بالعديد والعديد من المعلومات عن الكون العجيب. وحينئذ يمكن وضع تفسيراتنا عن الكثير من مجاهيل العلم مثل الطاقة المعتمة (dark energy) وهي نوع من الطاقة الإفتراضية الناتجة من ضغط قوي سالب وفقا لتفسير نظرية النسبية تمثل قوة تعاكس إتجاه التثاقل

كذلك أيضا ربما ستأتينا أيضا بالجديد حول المادة المظلمة وكذلك سرعات دوران المجرات.

ولكن تاتي الرياح بما لا تشتهي السفن فقد ظهر أخيرا رأي لبعض العلماء بوجود مجموعة من النجـــــوم يطلق عليها مجـــــموعة رقـــــم ٣ (*population* III) من النجوم ذات كتل كبيرة جدا والتي يعتقد أنها تكونت في المراحل الأولى من نشأة الكون ووجودها ضروري لتكون العناصر الثقيلة التي لم تخلق وقت الإنفجار العظيم وقد شوهدت هذه الفئة من النجوم عند التحليل الطيفي لأشباه النجوم الكوازارات وتظهر كما تظهر المجرات الضعيفة في مجال تلك الكوازارات لتضع تساؤل جديد هل حقا هذه النجوم متواجدة بالفعل أم أنها مجرد أوهام علمية أو تمنيات علمية؟؟!!

علي وجه العموم ما زال هناك الكثير و الكثير في الكون غير معروف وربما تحل بعض ألغازه في الزمن القريب ، ولكن يوم بعد يوم يزداد الأمر تعقيدا وكلما تطورت تكنولوجيا الرصد إنكشفت أسرار جديدة محتاجة إلى تفسير وتعليل. وسنظل هكذا في صراع دائم نحو المعرفة ولكن هل يمكن أن يحل العلم كل مشاكل الكون ؟ أم سيظل التساؤل : ما هو الكون ؟ وكيف كان ؟ وماذا اصبح وماذا سوف يكون؟.

اسئلة محيرة تبحث عن اجابات !!!!........

الفصل السادس

محتويات الكون على مستوى المقاييس الكبيرة

أولا: النوافذ المستخدمة قديما وماذا قدمت عن محتويات الكون؟

فى أربيعينيات القرن العشرين توصل العلماء المختصون إلى كيفية نشوء المجرات والحشود المجرية.لقد كان الكون فى الأزمنة السحيقة الأولى عبارة عن فضاء غير متجانس تماما ولكنه يحتوى على قليل من المناطق الشاذة و الغير متجانسة ولكنها فى نمو مستمر ، حيث أن التكتلات ينتج عنها قوى جذب على المادة المجاورة والمحيطة وتؤثر على المادة التى تتمدد مع الكون وفى نهاية الأمر تنجذب إلى التكتلات وتتراكم مع بعضها. وبإستمرارية هذه العملية فإن التكتلات تنمو بإنتظام وفى النهاية تصبح ثقيلة جداً مكونة مركز محدود جاذب ويكون على شكل مجرة ، وقد دامت هذه النظرية ما يقرب من نصف قرن.

إن المكونات الأساسية فى الكون هى المجرات ولكنها ليست هى أكبر التجمعات التى أمكن رصدها ، حيث أن المجرات تميل إلى الإتحاد مع بعضها البعض مكونة تجمعات أكبر. وكما هو معروف فإن توزيع المادة على المقاييس الكبيرة يمكن تحديده بواسطة رصد الإزاحة الحمراء، وبإستخدام قانون هابل أمكن تعيين مسافات المجرات. وبرسم خرائط للإزاحة الحمراء ثبت وجود هذه التكتلات المجرية. ولقد تبين أن توزيع المجرات فى الكون غير منتظم بشكل ملحوظ. ونجد أن التجمعات الأكبر من المجرات المنفردة هى الحشود المجرية التى تتكون من العديد من

المجرات، وأن هذه الحشود المجرية تختلف كثيرا فى الحجم والعدد للمجرات.

فمثلا مجرتنا التى تنتمى إليها الشمس والتى تعرف بمجرة درب التبانة هى إحدى مكونات مجموعة من المجرات تسمى بالمجموعة المحلية المجرية وتعتبر صغيرة نوعا ما ، وأكبر عضو فيها هو مجرة المرأة المسلسلة (*Andromeda Galaxy*).وهناك حشود مجرية كبيرة جدا وأكثر عددا بالمجرات ومنها حشود آبل (*Abell clusters*) التى تحتوى على المئات وتصل إلى الآلاف من المجرات فى حيز فضائى لا يتعدى قطره عدة ملايين من السنين الضوئية ، مثل الحشود المجرية السنبلة (*Virgo*) والكوما (*Coma*).ويوجد العديد من الحشود مختلفة الأحجام والعدد لما تحتويه من المجرات. وبطبيعة الحال فإن الحشود المجرية الغنية تكون مستقرة تحت تأثير قوى الجاذبية المتبادلة بين أعضائها.

وأظهرت البحوث الحديثة أن توزيع الحشود المجرية على مسافات أبعد من ثلاثين مليون سنة ضوئية ليس من السهل وضع شكل لتوزيعها مثل حشود آبل السابق ذكرها التى تظهر ممتدة على شكل تكونات خطية الشكل تسمى بالفتائل (*filaments*) مثل ما تم إكتشافه فى عام ١٩٨٨ بواسطة علماء مركز بحوث سميسونيان للفيزياء الفلكية. ويصل حجم هذا التكتل تقريبا ستة مائة مليون سنة ضوئية فى الطول ، ومائتى مليون سنة ضوئية عرضا، أما الّسمْك حوالى عشرين مليون سنة ضوئية.ويتكون من آلاف المجرات وتصل كتلته إلى مايقرب من عشرة آلاف بليون مرة مثل كتلة الشمس.

هذا وقد وجد كذلك أن الحشود الغنية (مثل حشد آبل) تظهر متجمعة فى تجمعات أكبر تسمى الحشود الأعظم المجرية (*super galactic*

($cluster$) ويحتوى كل منها على أكثر من خمسين حشدا من الحشود الغنية بالمجرات. وتوجد هذه الحشود الأعظم المجرية على مسافات شاسعة حتى ثلاث مائة مليون سنة ضوئيةوريما أكثر من ذلك.

وبجانب هذه المناطق المكتظة والكثيفة بالتجمعات المادية توجد مناطق أقل كثافة وغالبا تكون كروية الشكل وتعرف "بالأماكن الخاوية". وهذه المناطق تحتوى على القليل من المجرات فى المتوسط أو فى بعض الأحيان خالية تماما.

ومن الممكن الكشف بواسطة قياسات الإزاحة الحمراء على المناطق الأقل كثافة و تصل تقريبا إلى ١٠% من تلك الموجودة على أبعاد مائتى مليون سنة ضوئية.

وفى عام ١٩٩٢م تم الإعلان عن إكتشاف تموجات فى الخلفية الميكروموجية للإشعاعات الكونية بواسطة مركبة الفضاء المعروفة بإسم "كوب" ($COBE$). ومن المعلوم أن هذه الإشعاعات ماهى إلا بقايا الكرة النارية الهائمة خلال الفضاء منذ بدء الإنفجار العظيم، أى منذ حوالى ثلاث مائة ألف مليون سنة و بالطبع كانت أصغر بكثير عن حجم الكرة النارية فى البداية حيث يصل حجم هذه الأشعاعات إلى جزء من الألف تقريبا.

كما تم الكشف عن بقايا الألباب الجنينية لتكوين المجرات ، وكانت هذه هى الحلقة المفقودة بين الكون المنتظم فى أيامه الأولى وبين تركيب الكون فى الوقت الحاضر. وبدون شك فإن مركبة الفضاء كوب أعطت مفتاحا لحل ما هيُة المادة الكونية حيث أنها حددت بأن التكتلات الأولية تتكون من المادة المعتمة ولكنها ليست مكونة من الباريونات كما كان معروفا.وحتى فى أيامنا الحديثة جداً فقد كشفت القياسات أن الكون فى أعماقه السحيقة جداً مكوّن من تجمعات المادة أكبر و الأكثر كبراً منها مما

يدل على أن الإنسان لم يتوصل بعد إلى المناطق التى تتمتع بالتجانس وكذا صفة تساوى الصفات فى جميع الإتجاهات المطلوبة حسب المبدأ الكونى المعروف.

وحسب المبدأ الكونى كما تم وصفه يكون الكون متشابه النوع ومتساوى الصفات فى جميع الإتجاهات هذا معناه أن صفاته واحدة مهما كان مكان الرصد فيظهر بنفس الشكل من أى اتجاه للرصد.

ومن المعلوم أنه على هذه الأساسات الرياضية تبني النماذج القياسية التي تستخدم لشرح صفات التكتلات الكونية في نظرية الإنفجار العظيم.

ولكن في الحقيقة فإن الكون ليس بالضبط متجانس كما أنه ليس لـــه نفس الصفات في جميع الإتجاهات حتي في أبسط صوره، فعندما تنظـــر للسماء ليلا فى إتجاه ما فإنك تري السماء مختلفة الشكل عنها في أي إتجاه آخر.

كذلك من تركيبات درب التبانة (في مجرتنا) على مستوى المقـــاييس الكبيرة تجد النجوم غير متجانسة.

وفي حالة توزيع المجرات علي الكرة السماوية يتضح أنها تشير إلى عدم التجانس في توزيعها. وبالنسبة للمجرات القريبة نسبيا فإنهـــا تميـــل وتظهر في تجمعات في السماء تقريبا في إتجاه عمودي علـــي المســـتوي الإستوائي (الطريق اللبنى) لمجرتنا.

وكلما نظرنا إلى المصادر الكونية البعيدة جدا والأبعـــد منهـــا فإنهـــا تظهر مائلة للتجانس المثالي.

وفي حالة المجرات الراديوية (وهي التي تشع معظم طاقتها في حيز الإشعاعات الكهرومغناطيسية من الأمواج الراديوية حتى الأشعة الســـينية وتسمى المجرات النشطة) وهي علي ســـبيل المثـــال تظهـــر متجانســـة

تقريبا.وكذا نفس الشيء لخلفية الإشعاعات السينية القادمة من المجـرات البعيدة فإنها متجانسه في حدود ضيقة تصل إلى نسبة صغيرة في المائـة في الإتجاهات المختلفة فى السماء.

بينما يكون التجأنس فى صالح المبدا الكوني علي مسـتوي المقـاييس الصغيرة ولكنه غير محقق علي مستوي المقاييس الكبيرة في الكون !!!

ولذلك كان من اللازم علي العاملين في علم الكونيات البحث والتنقيب للوصول إلى منافذ ودراسات نظرية وتقنية علي مستوي أحدث مما هـو موجود ، وذلك لمعرفة الكون بشكل أكثر دقة عن طريق تحديـد وقيـاس كثافته.

وبواسطة هذه الدالة الكثافية يمكن الوصول إلى معرفة أدق وأحسن لمصير ونهاية الكون ، وهل هو كون مستمر في التمدد إلى مالا نهاية؟ أم هو كون مستقر؟ أم هو كون سوف ينكمش وينهار ويصل إلى مثل ماكانت حالته الأولي قبل حدوث الإنفجار العظيم ؟ ثم يأخذ في التمـدد ويتطـور وتتكرر الأحداث مرة أخرى ومرات متتالية ؟!....

ثانيا: إنفتاح نوافذ جديدة لدراسة الكون

من أهم الفوائد الأساسية للفلك الحديث في الوقـت المعاصـر هـو التوجيه إلى المعرفة الأكثر و الاعظم حساسية لمختلف أرصـاد السـماء بواسطة العديد من الأجهزة المتطورة. ومن الواضح أن علم الفلك قد ربط مفهوم الطرق الفزيائية التي تحدث علـي الأرض بالأرصـاد المختلفـة المحدودة التي نقوم بها لدراسة الكون. وبتحسين وتحديث هـذه الطـرق الفيزيائية بإستمرار يؤدي إلى إزدياد ونمو مفهومنا للكون.

والخلاصة فإن الفلك هو من أكثر العلوم التي تنقاد وتتطور بواسطة التقنية الحديثة بإستمرار. وحتي الماضي القريب كان لدي الفلكيين وسيلتان للمساعدة في الرصد وهما:

أخذ الصور الفوتوغرافية والأخرى تسجيل أطياف الأجرام السماوية المختلفة. ولذا فقد لجأ الفلكيون في السنوات الأخيرة إلى أخذ الصور بإستخدام أشكال مختلفة من الإشعاعات الكهرومغناطيسية التي لا يمكن أن تحس بها العين المجردة. وعلي سبيل المثال إستخدام أطباق المناظير الراديوية كبيرة الحجم لرصد الكون من خلال إشعاعات طويلة الموجه وقليلة الطاقة لدراسة الغازات الباردة التي تتولد منها النجوم. بواسطة تلسكوبات للأشعة السينية التي تدور حول الأرض أمكن الحصول علي أرصاد للسماء في منطقة الطاقات العليا جدا وقصيرة الموجة، لعمل خرائط للبلازما الساخنة الممتدة بين المجرات ، وكذا الكثير من الأحداث التي تنشأ في النجوم والثقوب السوداء.

وبهذه الطرق أصبح الفلكيون حديثا غير محصورين فقط بأخذ أطياف الأجرام السماوية في منطقة الضوء المرئي (٤٠٠٠ – ٧٠٠٠ أنجستروم) ولكنهم تمكنوا من دراسة توزيعات الطاقة لهذه الأجرام علي مجال واسع من طول الموجة ومناطق مختلفة في الطيف الكهرومغناطيسي. وأخيرا بإستخدام تلسكوب هابل الفضائي وغيره من الأجهزة الحديثة في الفضاء منذ أواخر القرن العشرين والتي مازالت مستمرة في إرسال الأرصاد.

ومن المعلوم أن الغلاف الجوي المحيط بالأرض هو أحد أهم العوائق لرصد الكون خارج نطاق الأمواج المرئية ، لكنه مناسب للرصد البصري الذي تستشفه و تحس به العين البشرية ، وكذا الأمواج الراديوية ذات الطاقة المنخفضة ، ولذا فإن هذا الغلاف الجوي لا يسمح بمرور معظم

الأمواج الكهرومغناطيسية. ولكن توجد بعض النوافذ الضيقة التى تسمح بنفاذ الأشعة تحت الحمراء. ولهذا السبب وجب علي الفلكيين الخروج بأجهزتهم بعيدا عن الغلاف الجوي لرصد الكون في باقي مناطق طيف الأمواج الكهرومغناطيسية.

وقد بدأ مشروع إرسال بالونات علي إرتفاعات عالية جدا لرصد جزء من خلال هذه الأمواج الكهرومغناطيسية وذلك في ستينات القرن العشرين للهروب من هذا الغلاف العائق. وقد تم أخذ أرصاد للأجرام السماوية في منطقة الإشعاعات السينية وأشعة جاما ذات الطاقة العالية.

وفي تسعينات القرن الماضي بواسطة إرسال القمر " كومبتون " لرصد أشعة جاما للفضاء الخارجي ، وتم إكتشاف أنفجارات أشعة جاما موزعة توزيعا منتظما في السماء. وهذا ما أوحي إلى أنها إما أن تكون قريبة لدرجة أنها غير قادرة أن تعكس الشكل المستوي لقرص الطريق اللبني في مجرتنا ، أو أنها حقيقة تقع خارج مجرتنا وبعيدة جدا حتي أن مواقعها تعكس الأنتظام لتوزيع المادة في الكون.

وفي هذه الحالة- وبما أنها خارج مجرتنا - لابد أنها عبارة عن طاقات متفجرة منها عالية الشدة جدا والناتجة عن أحداث عنيفة جدا لا يمكن تصورها مثل إندماج نجمين نيوترونين وهي فضلات النهاية الكثيفة جدا للنجوم المتلاشية.

وفي السنوات الحديثة جدا تمكن الفلكيون من أخذ طيف في منطقة أشعة جاما لهذه الإنفجارت الكونية ، ووجد أنها ذات إزاحة حمراء كبيرة جدا. وهذا يشير إلى أنها تبتعد عنا بسرعة رهيبة في حين أن أسباب هذه الإنفجارات مازلت محيرة وغير معروفة.

ومن دراسة الكون خلال الأشعة السينية حديثا تم الوصول إلى معرفة تطور تكتلات في تركيب الكــون مثــل حشــود المجــرات. وبواســطة التحسينات الحديثة والتقنية الأخيرة لأجهزة الأستكشاف في منطقة الأمواج فوق البنفسجية وصل الفلكيون إلى رصد ودراسة النجوم الحديثة في السن والأكثر سخونة ، حيث أنها تبعث بأكثر طاقتها في صورة الأشعة فــوق البنفسجية.و هذا يعطى مجسات حساسة لمعرفة معدل تكوين النجــوم فــى المجرات سواء فى الحاضر أو الماضى. وقد كانت هــذه الأرصـــاد فـــى منطقة الأشعة فوق البنفسجية مفيدة في الكشف عن مجرات حديثة التكوين.

وقد حدث مثل هذا التحسن في التقنية للأجهزة المستخدمة في منطقة الطيف ذات الأمواج الطويلة (تحت الحمراء) للبحث عن النجوم الأقــزام البنية اللون أي الآيلة إلى الإنهيارات والموت وتصبح من ضمن مكونات المادة المعتمة هذا بالإضافة إلى دراسة كل مــن المجــرات والمركبـــات الكيميائية من خلال تطور النجوم.

أما من دراسة طيف الأمواج الراديوية بالأجهزة الحديثة جــدا فهـــي ذات أهمية كبري في دراسة الغازات الباردة التي تتكون منها المجــرات والتي فيها تتخلق النجوم الجديدة.

ومن أهم الأجهزة الحديثة التي تم إرسالها للفضـــاء الخـــارجي هــو المستكشــف لخلفيـــة الإشـــعاعات الكونيـــة (*Cosmic Background Explorer*) واختصارا (*COBE*) الذي تم إســـتخدامه لقيـــاس خلفيـــة الإشعاعات الميكروموجية الكونية وساعد ذلك في معرفتها.

وفي الحقيقة أن هذه الخلفية الإشعاعية الكونية هي نتاج آخر طبقـــة تشتت من حدوث الإنفجار العظيم. وكانت درجة حرارتها كافيـــة لتـــأيين المادة جميعها تماما. وتحت هذه الشروط فإن الإشعاعات الكهرومغناطيسية

تبعثرت بدرجة كافية جدا بواسطة المادة. وهذا التشتت حفظ الكــون فــي توازن حراري. وفي آخر الأمر هبطت درجة حرارة الكون وحينئذ بدأت الإلكترونات للإتحاد مع الذرات وأدي ذلك إلى هبــوط معــدل التشــتت، ويعرف هذا بعصر التجمع و الإتحاد في تاريخ الكون الحراري.

وعندما توقف عصر الإتحاد تماما أنتهي تشــتت الفوتونــات كليــة، وبدأت في الإنتشار الحر خلال الكون. وفي الحقبة الرصدية وصلت هــذه الفوتونات إلى الراصد في صورة خلفية الإشعاعات الميكروموجية الكونية. وتبدو هذه الخلفية وكأنها صادرة من سطح كروي حول الراصد نصــف قطره هو المسافة التي قطعها الفوتون من لحظة آخر تشتت مــن عصــر الإندماج حتي لحظة رصدها.

وأن ما قام بإكتشافه كل من بنزياس وولسون كان بمثابة طيف صادر من جسم أسود غير منتظم مسطح وله نفس الصفات في جميع الإتجاهات ، ودرجة حرارته ثابته وتساوي ٢,٧٣ درجة مطلقة. ويشير ذلك إلى أن الكون غير مشوش ومتساوي الصفات في جميع الإتجاهات تماما.

ولكن إذا نظرت إلى السماء في ليلة حالكة الظلام فإنك تري بــالعين المجردة درب التبانة (المستوي الإستوائي لمجرتنا) ممتدا فــي الســماء. وبواسطة تلسكوب يمكنك أن تري السماء مملــوءة بــالمجرات وحشــود المجرات وبينها مساحات خالية. وعلي مسافة ٣٠٠ مليون سنة ضــوئية وجد أن الكون به تجمعات كتلية غير متجانسة وكــذلك غيــر متســاوية الصفات في جميع الإتجاهات (أي لجميع الراصدين).

الفصل السابع

الدراسة الحديثة للكون من خلال العدسة التثاقلية

(أ) دلالات تشير إلى وجود المادة المعتمة في الكون من خلال

أولا: إختبارات قياس إنحناء الكون

من أرصاد قياس مسافات الأجرام السماوية البعيدة لتعيين إنحناء الفضاء الكوني وجد أن معدل التمدد الكوني يتناقص. وبتحديد أعمار الأجرام السماوية وخاصة النجوم في الحشود النجمية ومقارنتها بالنتائج المحسوبة بواسطة النظريات الكونية وصل العلماء إلى أن عمر الكون ببساطة يساوي معكوس ثابت هابل (أي ١/Ho حيث Ho هو ثابت هابل) بشرط أن تمدد الكون غير متناقص. ولكن بحساب العمر الكوني من معادلات نماذج فريدمان نجد أن العمر الكوني يتناقص بإستمرار، وهذا معناه أن عمر الكون يكون أقل من عمر الكون المحسوب من ثابت هابل بمقدار يعتمد على معدل تناقص التمدد الكوني ، الذي بدوره يتوقف على دالة الكثافة في الكون.

ومهما كان فإن العمر المحسوب يعتمد بشكل محسوس على قيمة ثابت هابل، أكثر مما هو متوقف على دالة الكثافة الكونية، وقيمة ثابت هابل لا تزال موضع تساؤلات كثيرة.

وكذلك فإن أعمار النجوم المسنة غير معروفة بدقة كبيرة.

وهناك إختبارات أخرى تستخدم خصائص الأجسام الكونية البعيدة جدا لتعين معدل تناقص تمدد الكون بطريق مباشر، أو بمعنى آخر من الهندسة

الفضائية للكون. وقد كان رائد هذه الآراء هو العالم هابل والذي قام بتطويرها " آلان ساندا ج ".

ففي ستينيات وسبعينيات القرن العشرين تحقق أن الكون ليس فقط متمدد بوجه عام ولكن كذلك الأجسام الكونية تتمدد بسرعة. ولإختبار ذلك نجد أننا في حاجة لقياس التأثيرات الهندسية لإنحناء الفضاء الكوني على مستوى مسافات شاسعة جدا. وفي هذه الحالة فلا مفر من ضرورة معرفة حالة هذه الأجرام الكونية عندما بدأ إنبعاث الضوء منها في رحلته إلى الأرض التي تساوى ما يقرب من ٨٠% من عمر الكون.

وفي الحقبة الحديثة تم إستخدام هذه الإختبارات الكلاسيكية الكونية بكثرة لدراسة نشأة المجرات أكثر من إستخدامها في إختبار هيئة وشكل الكون الأساسية.

ثانيا: إختبارات تعتمد على التركيب النووي

أن أهم الأعمدة الأساسية التي يرتكز عليها إثبات نظرية الإنفجار العظيم هو توافق وفرة العناصر الخفيفة المرصودة مع التنبؤات المحسوبة لوفرتها في بداية نشأة الكون بعد حدوث الإنفجار العظيم. ولكن وجد أن هذا الإتفاق يكون صحيحا فقط عندما تكون كثافة المادة صغيرة جدا تصل إلى نسبة ضئيلة من قيمة الكثافة الحرجة.

ومنذ عدة سنوات ظهرت أن هذه النتائج غير ثابتة ولا تتفق مع نتائج الإختبارات الكونية. وحديثا تحقق هذا الشرط فقط في حالة الجسيمات الأساسية المعروفة بالباريونات (وهي البروتونات والنيوترونات). ومع التقدم في دراسة فيزياء الجسيمات ثبت أن هناك الكثيرمن الجسيمات الكونية التى تتخلق وتتكون أثناء تطور الكون . وعلى الأقل فإن بعض

هذه الجسيمات الكونية المتكونة مازالت حتى الآن ومن المحتمل أنها قامت بتكوين جزء من المادة المعتمة.

وإذا كانت الإختبارات الناتجة من التركيب الكوني النووي والإختبارات من الأرصاد صحيحة ، حينئذ يجب أن يكون من الممكن على الأقل تخليق بعض هذه المكونات الكونية من بعض أنواع دخيلة من الجسيمات الغير باريونية.

وعلى هذا يمكن القول بأن مركبات الكون حتى الآن ليست معروفة على وجه الدقة. ومن الواضح أيضا أن كميات المادة الباريونية المطلوبة حتى تتطابق الأرصاد مع التركيب النووي الكوني هي كميات أكبر بكثير بل وتزيد على كمية كتل النجوم المرصودة

وهذا بالضرورة يؤدي إلى الإقتراح بوجود الكثير من المادة الباريونية في الكون الغير مرئية أي المعتمة، ومن المحتمل أن تكون هذه الباريونات المعتمة هي نجوم ذات كتل صغيرة جداً أو ثقوب سوداء صغيرة وتسمى كتل الهالات المتجمعة. وفي حالة وجودها تكون مستقرة في شكل هالات تحيط بالمجرات ولا تشع الضوء الكافي لرؤيتها بطريق مباشر، ولكن من الممكن رصدها من خلال تأثيراتها التثاقلية.

ثالثا: إختبارات تعتمد على نظريات الفيزياء الفلكية

لقد وجد أن الإختلاف بين النتائج من الأرصاد والنتائج المحسوبة من النظريات الكونية السابقة هو نتيجة لرصد الأجسام الكونية المنفردة فقط، ولا يدخل في الإعتبار الفضاء فيما بينها.

وفي الواقع فمن الضروري محاولة تعيين الكثافة الكونية بتحديد كتل جميع المكونات الكونية واحدة بواحدة بما فيها المادة المعتمة التي ثبت وجودها.

وعلى سبيل المثال يجب السعي لإستخدام القوى الديناميكية الناتجة من كتلتها ، حيث أن الهالات الموجودة المحيطة بأي مجرة متزنة في مكانها نتيجة لتوازن قوى الجاذبية بينها وبين المجرة مع القوى الطاردة المركزية الناتجة من دورانها حول المجرة ، تماما مثل إستقرار الأرض في دورانها حول الشمس.

وبهذه الطريقة أي بواسطة قياس سرعة دوران الهالة حول المجرة يمكن حساب كتلة المجرة نفسها. وبتطبيق هذه الطريقة على المجموعات الكونية على مستوى المقاييس الكبيرة في الكون سوف نتمكن من تعيين المادة الغير مرئية الموجودة في الكون بجانب الأجرام التي يمكن رصدها.

رابعا: دراسة تشكيل مركبات الكون

من تطور ونمو التكتلات التي يمكن تقديرها وعدم الإتنظام في توزيع المادة فى الكون والذى من المفروض فيه أن يكون متجانساً حسب المبدأ الكوني ، وفي نظرية الإنفجار العظيم تم تفسير ذلك بواسطة عدم الإتزان التثاقلي.

وبما أن قوى الجاذبية تجذب جميع المادة فإن أي منطقة في الكون تكون كثافتها أعلى قليلا من المتوسط تزداد وتنمو بتجميع المادة من حولها. وبذلك تزيد كثافتها بتجميع مادة أكثر من جانبها ، وفي آخر الأمر تتكاثف هذه المنطقة مكونة شكل محدود مثل المجرة.

وبواسطة المستكشف للخلفية الكونية " كوب " $(COBE)$ تم إستبيان ملامح الخلفية الكونية للإشعاعات الميكروموجية التي توضح كبر هذه المناطق الغير منتظمة عندما تكونت وتخلقت أي بعد ما يقرب من ٣٠٠ الف سنة بعد الإنفجار العظيم. وهذا يساعد في تحديد الكثافة الكونية بدقة أكثر.

(ب) الدراسة الحديثة للكون من خلال العدسة التثاقلية

يتبين مما سبق أن معرفة المادة المعتمة هي من المسائل البالغة الأهمية في دراسة علم الكون في الوقت المعاصر. وذلك يرجع إلى التركيب الدقيق والتام لهذه المادة المعتمة وكذا كميتها.

وهذان العنصران يحددان المصير النهائي لحالة الكون سواء إستمراره في التمدد إلى ما لانهاية أو أنه في بداية حالة الأنكماش أو في حالة التذبذب بين الحالتين.

وعلى ذلك فإن الأطر العيارية المقننة لعلم الكون الحديث تدور حول مجموعة من التعاريف التي تصف العوامل المطلوب تحديدها في الأرصاد للحصول على وصف كامل لتدعيم النموذج الكوني في وقتنا الحاضر. وهذه العوامل الكونية هي :

أولا: ثابت هابل (H_0)

من قانون هابل نجد أن سرعة إبتعاد المجرات تتناسب طرديا مع أبعادها ، أي أن السرعة تساوي حاصل ضرب بعد المجرة في كمية ثابتة تسمى " ثابت هابل ". وهو في الحقيقة يعرّف حجم الأفق الكوني وعمر الكون.

ثانيا: دالة الكثافة التثاقلية (*Mass Density*)

وهي تعتمد على الكتلة الكلية للمادة الموجودة في الكون سواء كانت المادة المرئية التي أمكن أويمكن رصدها بالأجهزة الحديثة.

ثالثا: كتلة المادة المعتمة (*Dark Matter*)

المادة المعتمة هى المادة التي لم نتمكن من رصدها من قبل ومن الضروري أخذها فى الإعتبار لتعيين دالة الكثافة التثاقلية.

هذه العوامل الثلاثة السابقة معا تقوم بوصف الجوهر الفيزيائي وكذا الهندسة الأساسية للكون الذي نعيش فيه. ومن خواص المادة المعتمة أنها لا تبعث أي إشعاع في أي منطقة من طيف الإشعاع الكهرومغناطيسي، ولذلك فمن المستحيل التعرف عليها بطرق مباشرة وإنما فقط بطرق غير مباشرة، أي أساسا عن طريق أمواج تثاقلية تؤثر بها على الكتل الكونية الأخرى المرصودة مثل إلمجرات والنجوم الموجودة في المنطقة المجاورة لهذه المادة المعتمة.

وأن أول أقتراح بوجود كميات وفيرة من المادة المعتمة ظهر في عشرينيات القرن العشرين.

وفي عام ١٩٣٣ قدم فريتز تزفيكي (*Fritz Zwicky*) الدليل القاطع بوجود المادة المعتمة وحتى على المقاييس الكبيرة في الحشود المجرية. وبعد ذلك ولفترة طالت تزيد على الخمسين عاما لم يقدم المتخصصون إجابات واضحة عن التساؤلات الآتية :

- ما هي المادة المعتمة الأساسية في الكون ؟
- ما هي تكوينات المادة المعتمة ؟
- كيف تتوزع المادة المعتمة في الكون ؟

للإجابة عما سبق بزغ موضوع العدسة التثاقلية (*Gravitational Lensing*) كوسيلة قوية لتفسير هذه التساؤلات والإجابة عليها ، حيث أنها تساعد على تحديد الكتلة من المادة التي تعترض طريق الضوء المنبعث من الأجرام المضيئة.

وهذه التقنية المتناسقة تأسست على عدة فروض مع القواعد الفيزيائية المطلوبة فقط وهي النظرية العامة للنسبية.

إن العدسة التثاقلية (أو التجميع التثاقلي) في الأساس يمكن أن تدلنا على توزيع الكتلة في المجرات وفي الحشود المجرية، وفي المستقبل القريب من المحتمل أن تمدنا بالبيانات عن التركيبات الأكبر من ذلك في الكون.

وبالرغم من أن التجميع التثاقلي لم يتناول بشكل مباشر طبيعة المادة المعتمة إلا أن بعض التجارب تمكنت من إستنتاج الأحجام وربما توزيع المكونات لهذه المادة المعتمة.

إن مكونات المادة المعتمة المقترحة عديدة منها نجوم معتمة وثقوب سوداء والنيوترينوات والأكسيونات (*Axions*) وكثير من الجسيمات الأساسية الدخيلة.

ومن المعلوم أن النجوم ذات الكتل الصغيرة غير قادرة على إشعال الوقود الذري في بطون هذه النجوم المسماه " النجوم ذات اللون البني ".

هذه النجوم هي المفردات المفضلة التي تبعث بالمادة المعتمة في مجرتنا (مجرة درب اللبانة).

وفي سياق نظرية الإنفجار العظيم فإن النيوترينوات (*Neutrions*) الناتجة في الكون عند بدايته كانت أكثر من الباريونات "وهي من الجسيمات التي تدخل في التفاعلات القوية في نواة الذرة وتشمل البروتون

و(النيوترينو) وبعض الجسيمات الصغيرة التي تسمى الهيبرونات (*Hyprons*) ."

وعندما تم التحقق بأن لهذه النيوترينوات كتلة – ولو أنها طفيفة. إلا أن الكتلة الكلية تكون محسوسة ولابد من إعتبارها في تحديد كثافة الكون. ولذا فإن النيوترينوات ستظل عنصر حيوي على مستوى المقاييس الكبيرة. أما في مجرة طريق التبانة التي ننتمي إليها فإن الدليل بوجود المادة المعتمة يأتي مع الحركة المرصودة لسحب غاز الهيدروجين المحايد. وهذه السحب من غاز الهيدروجين الغير متأين لها مسارات حول مركز مجرتنا. فلو كانت تتحرك تحت تأثير جاذبية الكتلة المرئية فقط ، فإن سرعتها بعيدا عن الحدود البصرية لمجرتنا تتناقص مع الجذر التربيعي لبعدها عن مركز الكون. ولكن من الأرصاد الرادايوية (١٤٠٠ ميجا هيرتز) لهذه السحب الهيدروجينية فقد وجد أنها تتحرك بنفس السرعة البعيدة عن الحدود البصرية. وهذا يدل على وجود هالة محدودة وغير مرئية أي معتمة تؤثر على هذه السحب.

وكذلك الحال من أرصاد مسارات حركة مجموعات الحشود النجمية الكروية ، وكذا المجرات التي تدور حول مجرتنا يتبين أنها محاطة بهالات محدودة من المادة المعتمة وتقع بعيدا عن أبعد النجوم في المجرة وأيضا أبعد من حدود إنبعاث الأشعة السينية الناتجة من الغاز الساخن الذي يخترق مجرتنا.

العدسات التثاقلية (التجميع التثاقلي)

إن القوى التثاقلية هي إحدى التفاعلات المتبادلة الأساسية ، وحيث أنها تؤثر على مجال واسع جداً فمن الضروري فهم جميع القواعد الفيزيائية الفلكية.

لقد وضع العالم أينشتاين العلاقة بين قوىالتثاقل وبين الصفات المحلية أي المكان والزمان وفي بعض الأحيان يطلق عليها إختصارا "الزمكان" (*Space Time*)

ومن مبدأ التكافؤ أن جميع الأجسام ذات الكتل المتساوية تسقط بحريتها (بدون الوقوع تحت أي تأثير خارجي) في مسارات تسمى الجيودسيات (*Geodesics*) بغض النظر عن مكونات هذه الأجسام مهما كانت ولكنها تتوقف على المجال التثاقلي الموجودة فيه.

وفي حالة إنحناء خط " الزمكان " فلابد أنه يكون ناتج من وجود كتل تؤثر عليه أي بمعنى أن الجاذبية تموج شكل خط " الزمكان ". ولقد أوجدت معادلات أينشتاين العلاقة بين إنحناء خطوط الزمكان وتوزيع الكتلة ومقدار الطاقة في الكون. ونتيجة لذلك فإن الكتلة الكلية للمادة هي التي تحدد تطور ونهاية الكون.

إن وجود تجمعات كتلية مادية مثل المجرات أو الحشود المجرية يسبّب إنحراف الأمواج الضوئية القادمة من المصادر الخلفية أي المجرات البعيدة أو الكوازرات (*Quasars*) وهذا الإنحراف لا يتشابه مع معامل الإنحراف بواسطة العدسات الزجاجية البصرية ، وإنما يتناسب طرديا مع قوة هذه العدسة التثاقلية في الكون، وهي عبارة عن الكتلة المادية الموجودة في طريق مسار الأشعة الضوئية وكذلك وضع هذه التجمعات المادية بالنسبة لمصدر الضوء المشع. ومن الممكن توضيح مسار الضوء

خلال التجمعات الكتلية المادية في الكون تماما بطريقة مشابهة لمسار الضوء خلال وسط متعدد الكثافات.

ولتسهيل فهم نظرية تجميع التثاقلية (أو عدسة التثاقلية) تم وضع عدة فروض :

الفرض الأول: هو أن الضوء ينبعث مباشرة من المصدر الضوئي المشع إلى التجمع الكتلي ثم إلى الراصد.

الفرض الثاني: هو وصف الكون بنموذج يتطابق مع التناسق الكوني ونفس الصفات في جميع الإتجاهات المطلوبة حسب المبدأ الكوني السابق ذكره.

وعموما يكون هذا النموذج عبارة عن هيكل يربط الفترات الزمنية التي تفصل بين الأحداث في فضاء الزمكان بعلاقة مع الإحداثيات المستخدمة بواسطة الراصد لوصف مواقع هذه الأحداث. وبمعنى آخر يمكن القول أن هذا المقياس هو دالة رياضية للإحداثيات المختارة ولكنها تصف شيئا لا يعتمد على الإحداثيات(أي الشكل الهندسي للفضاء الزمكاني).

ومن المعلوم أن النظرية النسبية العامة تتعامل مع أربعة إحداثيات ثلاثة منها مكانية وواحد زماني و حيث أن الفصل بين الإحداثيات للمكان وللزمان غير واضح. ولكن في النموذج المطابق الذي يتصف بالتناسق ونفس الصفات في جميع الإتجاهات هناك إحداثى الزمان ويسمى " الزمن الكوني " وثلاث إحداثيات فضائية للمكان. وهذا الفضاء المكاني يصف فضاء منحني أما أن يكون متمددا أو منكمشا مع الزمن الكوني.

وأخيرا الفرض الثالث: هو أن سُمْك المنطقة التي تمر خلالها الفوتونات وتتأثر بها يجب أن يكون صغيرا بالنسبة للمسافة التي تقطعها الفوتونات ولهذا فمن المقترح أن :

يُسبّب التجمع الكتلي إقلاقا صغيرا للفضاء الزمكاني المسطح وهذا الإقلاق ناتج عن جهد هذا التجمع الكتلي (أو العدسة التثاقلية) على طول مسار الضوء ويكون مقداره صغيرا. وهذا الجهد التثاقلي يمثل مقدار الطاقة التي يبذلها الضوء للهروب من هذا التجمع الكتلي.

ومن المعروف أن إنتشار وإنبعاث الضوء يمكن تحديده بدلالة معامل الإنكسار (مثل ما هو معروف في علم البصريات) عندما ينحرف الإشعاع الضوئي خلال مروره بالحد الفاصل بين وسطين مختلفين في الصفات. ولذلك فإن وجود الجهد التثاقلي يسبب إنحراف مسار الضوء المستقيم بزاوية تتجمع على طول المسار الضوئي ، ومن الممكن تحديده بواسطة معامل الإنكسار لهذا الوسط.

ويمكن فهم تأثير فعل العدسة التثاقلية فيزيائيا كأنه يسبب تمددا في خلفية السماء وينتج عن ذلك التكبير في الصورة. والحقيقة أن العدسة التثاقلية تحفظ الإستضاءة السطحية للمصدر الضوئي على طول الإشعاع الضوئي ولكن معامل التكبير للصورة فهو ببساطة الزيادة في الزاوية المجسمة في السماء.

(ج) المادة المعتمة في الكون ونتائجها

(١)في المجرات :

عندما تعوق كتلة معتمة مثل نجم قزم بني اللون أو هالة كثيفة من الجسيمات الكونية مسار الضوء المنبعث من أي نجم فإن موجات التثاقلية

لهذه الكتلة المعتمة تؤثر على هذا المسار الضوئي الصادر من النجم وتجعله ينحرف عن المسار الأصلي في حالة عدم وجود كتلة معتمة.

هذا الإنحراف في مسار الضوء المنبعث من النجم يكون غير كاف لتخليق العديد من الصور وإنما ما ينتج عنه ببساطة هو الزيادة في قوة لمعان النجم.

وبما أن الهالة الكثيفة من الجسيمات الكونية تتكون من الباريونات (التي سبق وصفها بأنها عبارة عن بروتونات ونيوترونات مع الجسيمات الثقيلة وهى الهيبرونات)،فإن الكشف عن الظاهرة الناتجة من إنحراف الضوء من النجم بواسطة هذه الهالة الكثيفة وهي إزدياد شدة اللمعان التي من الممكن تحديد قيمتها ، وبذلك تساعد في معرفة كمية الباريونات الموجودة في الكتلة المعتمة .

وقد تمكن العالم باكزينسكي "*Paczynski*" في أواخر ثمانينات القرن العشرين برصد سحابة ماجلان الكبرى وهي إحدى المجرات التي تدور حول مجرتنا (مجرة طريق التبانة) ، ووصل إلى تحديد إرتفاع فجائي في شدة لمعانها.

وهناك العديد من اللجان العلمية المهتمة برصد هذه الظاهرة ألا وهي الإزدياد في شدة لمعان النجوم نتيجة الهالة الكثيفة المكونة من الجسيمات الكونية حول مجرتنا.

وقد تم أخذ العديد من الأرصاد المتوجهة إلى مركز مجرتنا ، ومن هذه الأرصاد توصل العلماء إلى أن الكتلة المقدرة لهذه الهالة الكثيفة من الجسيمات الكونية حوالي ٨٠ ألف مليون مرة مثل كتلة الشمس. وتقع على دائرة نصف قطرها ٥٠ ألف بارسك (البارسك هو وحدة قياس المسافات الفلكية البعيدة جدا وتساوي ٣,٢ سنة ضوئية). وفي السنة الثانية من بداية

هذه الأرصاد تمكن العلماء من رصد تأثير أجزاء أخرى من هذه الهالة الكثيفة حول مجرتنا تصل كتلتها من ٠,١ إلى ٠,٤ من كتلة الشمس.

ومن دراسة شكل صورة مجرتنا نجد أنه ربما يكون هناك جزء من المادة المعتمة تحتوي على الباريونات وموزعة على شكل كتل منفردة مثل النجوم.

وفي عام ١٩٩٨م تمكن العلماء من تحديد الإنحراف من أكثر من ٣٠ مجرة.

إن هذه التجمعات الكتلية من المادة المعتمة تقوم بتكبير صورة الجسم الصادر منه الضوء البعيد جدا سواء كان مجرة خافتة الإستضاءة أو كوازر (وهي أشباه النجوم حيث أنها لا تشبه النجوم في حجمها ومظهرها ولكنها ذات إزاحة حمراء كبيرة جدا وذات لمعان كبير جداً ، مما يشير إلى أنها أجسام بعيدة جدا يحدث فيها أحداث عنيفة).

وبمعنى آخر فإن المادة المعتمة قد تعمل مثل منظار تثاقلي وبه نستطيع أن نرصد من مسافات أبعد بكثير مما هو مستطاع بواسطة المناظير الأرضية الكبيرة وكذا الفضائية.

لقد وجد أن الكوازرات هي أجسام مثالية لقياس تأثير التثاقلية حيث أنها شديدة اللمعان وتقع على أبعاد كونية بعيدة جدا. ومن المحتمل أن يكون الإنحراف الضوئي الصادر منها محسوس أثناء مروره بالقرب من الكتل المادية المعتمة.

ولقد كانت أول صورة مكبرة (نتيجة العدسة التثاقلية) هي صورة الكوازر رقم ٩٥٧ (QS ٩٥٧) الذي تم إكتشافه في عام ١٩٧٩ بواسطة والش (*Walsh*) و كارسويل (*Carswell*) ومعهم ويمان (*Wayman*)

وكانت النتيجة إنحراف الضوء الصادر منه الناتج من تأثير حشد من المجرات وقد إستمرت الأرصاد لعدة سنوات.

وهناك الكثير من المحاولات لقياس هذا التأثير التثاقلي من مجرة أمامية على الضوء الصادر من مجرة أخرى بعيدة ، ونتيجة هذه الأرصاد تبين أنه توجد هالات كبيرة من المادة المعتمة التي تحيط بها وتمتد إلى مئات الكيلو بارسك من المركز. وقد قدر العلماء أن المادة المعتمة التي تحيط بالمجرات تصل إلى أكثر من ٩٠% من مجموع كتلتها.

(٢) في الحشود المجرية وما وراءها

من المعلوم أن ما وصل إليه العلماء حديثا هو أن حشود المجرات هي أكبر مكونات الكون الكتلية ، وأنها أيضا أكثر تعقيدا وأصعب فهما عن النجوم المنفردة ، وذلك لأن تكوينها يتوقف بالضرورة على الشروط الأولية لنشأة الكون.

يحتوي حشد مجري نموذجي تقريبا على ألف مجرة ترتبط مع بعضها البعض بواسطة قوى التثاقلية المتبادلة بينها. كما أنها تشع غازات ساخنة وإشعاعات سينية. وقد ثبت بالدلائل القوية كتلة المادة المعتمة تصل إلى ما يقرب من ٩٠% من الوزن الكلي للحشود المجرية.

ومن النظريات الجارية حديثا والتي حازت القبول بأن التركيب التكويني للكون الذي يعتمد على المادة المعتمة الباردة الموجودة في الهالات حول المجرات والحشود المجرية ، وهي البذور الأولية والتكوينات الجنينية الأساسية في تكوين المجرات المضيئة والمرئية.

ومن المقترح أن التركيب الكوني هو تركيب هرمي بمعنى أن الأجسام الصغيرة تتكون أولا ثم تتجمع مع بعضها منساقة بالقوى التثاقلية

لتكوين الوحدات الأكبر حجما. وفي الغالب أن المجرة تتكون وسط هالة من المادة المعتمة وذلك نتيجة إنكماشها مع بعضها وهبوط درجة الحرارة، ثم إنقسامها إلى أجزاء مكونة بذلك النجوم. ومن المعتقد أيضا أنه عندما تتصادم المجرات مع الهالات المعتمة المحيطة بها يحدث تكوين الحشود المجرية وتتجمع الهالات المنفردة مكونة هالة كبيرة تحيط بالحشد المجري.

أن التأثير التثاقلي المعروف بالعدسة التثاقلية على الضوء الصادر من المجرات البعيدة بواسطة الحشود المجرية التي تعترض أو تكون قريبة من هذا المسار الضوئي ينقسم هذا التأثير إلى:

أولا : تأثير تثاقلي قوي وهو الذي يظهر بواسطة أجهزة القياس على شكل أقواس كبيرة.

ثانيا : تأثير تثاقلي ضعيف مشوه ، وهذا يظهر بأجهزة القياس على شكل أقواس صغيرة.

وقد تم حديثا بإستخدام تلسكوب هابل الفضائي *H.S.T = Hubble Space Telescope* أخذ العديد من الصور ما يقرب من ٣٠ حشد مجري لها سرعات كونية كبيرة جدا ، وسوف تكون لهذه الأرصاد وغيرها أهمية قصوى في تقدير وتوزيع المادة المعتمة في الكون.

الخلاصة والخطط المستقبلية

في السنوات القليلة الماضية تقدمت الأبحاث الفلكية بإستخدام التقنيات الحديثة جدا بخطوات واسعة في إختبار وتقدير المادة المعتمة بواسطة نظرية التجميع التثاقلي ، وذلك للوصول إلى وضع خرائط لتوزيع المجرات وحشود المجرات مع الأخذ في الإعتبار المادة المعتمة الغير مرئية.

وهناك الأمل في التقدم النظري في مجال تحسين إعادة البناء التقني لخريطة توزيع الكتلة على المستوى الكوني ، وتطبيق ذلك على البحث والإختبار على توزيع الكتلة في المجرات وحشود المجرات والتكوينات الكبيرة الحجم الأخرى الموجودة في الكون.

هذا بجانب توسيع ومد الطرق المعمول بها للكشف عن التأثيرات الضعيفة التي تنتج عن تأثير المكونات الكبيرة على مستوى المقاييس الهائلة مثل الفتائل والحشود فائقة الكبر وذلك في الخطوات التالية.

وهذا يستلزم الوصول إلى تقنيات جديدة للبحث عن التأثيرات الأكثر ضعفا على الصور المستقبلية الناتجة من تأثير العدسة التثاقلية. وهذا يتم بإستخدام الأجيال الجديدة للأجهزة القياسية التي تم تركيبها في تلسكوب هابل الفضائي عام ١٩٩٩ مثل الكاشفات الثنائية (CCD) الفائقة الحساسية.

إن فكرة العدسة التثاقلية قد أمدت التطبيقات في فرع الفيزياء الفلكية بالكثير وأهمها :

١. الحدود لتعيين المحتوى من المادة المعتمة المكونة من الباريونات في مجرتنا.

٢. الصفات اللازمة لأنواع العدسات التثاقلية التي يجب إستخدامها لتعيين قيم الدوال الكونية مثل ثابت هابل والثابت الكوني وكثافة المادة الكونية.

ومن المهم فإن التجميع التثاقلي قدم طريقة منفصلة ومستقلة لقياس كتل المجرات وحشود المجرات البعيدة وغير معتمدة على الحالة الديناميكية للمجموعة.

وكذلك فإن هذه الطريقة تشبه إلى حد كبير مثل تلسكوب تثاقلي بواسطته يمكن الحصول على صور للأجسام البعيدة جدا في الكون التي كأن من المستحيل الوصول إليها وتصويرها بما لدينا من أجهزة الرصد.

ولذا فإن هذه الطريقة التثاقلية تكون قد مهدت الطريق إلى الوصول للحلول الضرورية لمعرفة تطور المجرات وذلك عن طريق معرفة صور الكتل في الأوساط الكثيفة مثل الحشود النووية مقارنة بالنوى المعزولة في غير الحشود المجرية. وهذا ما يؤدي في النهاية إلى معرفة الكتلة الكلية الحقيقية للمادة المرئية وغير المرئية والتي لا يمكن رصدها مباشرة بأجهزة الرصد والموجودة في الكون الذي نعيش فيه.

واخيرا للإطمئنان على مصير هذا الكون الذي حولنا...

هل هو كون مقفل ؟

أم كون مستوي ؟

أم كون مفتوح يتمدد إلى الأبد ؟!!...

هذه هي التساؤلات التي مازالت غير معروفة حتى بآخر ما وصلت إليه النظريات الحديثة السابقة !

والله التوفيق

الفهرس

تم الإخراج والطباعة بمطابع
المعهد القومي
للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية
إشراف
الأستاذ/ محمود شحاتة أحمد
ت: ٥٤٦٠٦٥٥ - ٦٤٠٠٦٥٥



Bibliotheca Alexandrina
07449367